FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

5.oc (49.3

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXIV — 20 JUILLET 1913

(TRENTE-SEPTIÈME ANNÉE ; TOME LXXIV DE LA COLLECTION)

LOUVAIN

SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

(M. J Thirion)

11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1913

22.885525 June 27

Le Docteur Henri Desplats

(15 Janvier 1843 — 31 Décembre 1912) (1)

L'Université Catholique de Lille, et particulièrement la Faculté de Médecine et de Pharmacie, viennent de faire une perte cruelle en la personne du Dr Henri Desplats, professeur de clinique médicale, ancien doyen de la Faculté de Médecine, décédé le 31 décembre 1912, après une courte maladie.

Henri Desplats était né à Castres le 15 janvier 1843 ; son enfance s'écoula dans le calme tranquille de sa ville natale, dans la paix sereine de ses chères montagnes, face aux clairs horizons qu'il aima toujours à évoquer. Après de solides études au Petit Séminaire de Castres, il se destina à la carrière médicale : dans la maison voisine de la sienne, il avait vu exercer, pendant de longues années, son oncle paternel ; de principes rigides, presque ascétiques, d'un dévouement sans limite et d'une conscience médicale scrupuleuse, ce distingué praticien exerça certainement une influence profonde, non seulement sur la vocation de son neveu, mais incontestablement sur toute sa vie médicale.

En 1861, H. Desplats se dirigeait donc vers la Faculté de Médecine la plus voisine, celle de Toulouse, afin de commencer ses études médicales. Il aima toujours à raconter à ses intimes que sa mère le conduisit dans la « grande ville », et qu'au moment de la

(1) Extrait du Journal des Sciences Médicales de Lille, 25 janvier 1913.

séparation, ayant devant les yeux la vision maternelle très nette des dangers que tout jeune homme de 18 ans pouvait y courir, elle lui dit simplement, mais fermement : « Mon cher enfant, je te laisse seul avec tes principes et ta conscience droite. Fais ton devoir ! » Cette parole ne s'effaça jamais de son cœur ni de sa mémoire, et il aima toujours à la redire à ses proches ; dirai-je même qu'il en conserva l'empreinte ineffaçable, à tel point que, dans les circonstances décisives de la vie, où il savait prodiguer des conseils si précis et si utiles, sa parole retrouvait cette forme brève impérative, mais toujours paternelle, comme un écho lointain de l'adieu maternel d'autrefois.

Il ne passa qu'une année à Toulouse, mais déjà l'étudiant avait nettement affirmé ses tendances et avait orienté sa vie vers le double objectif qui devait être la principale direction de toute sa vie : la science et la charité ; ses succès scolaires allaient de pair avec l'ardeur qu'il apportait déjà à s'initier au fonctionnement et à la propagation des Conférences de Saint-Vincent de Paul.

Il prit alors le chemin de Paris, entraînant avec lui son ami Sénac-Lagrange, avec lequel il s'était intimement lié à la Faculté de Toulouse ; comme bien d'autres, ils arrivèrent dans la grande ville, qui paraissait alors bien lointaine, seuls, sans recommandation aucune, et, dans leur zèle de néophytes, ils s'empressèrent de se loger dans les environs immédiats de la Faculté, voulant vivre en quelque sorte dans l'atmosphère des études qui les attiraient avec tant de passion. H. Desplats n'y séjourna pas longtemps, se trouvant isolé dans un milieu qu'il ne jugeait conforme ni à ses goûts studieux ni à ses aspirations chrétiennes. C'est alors qu'à cette heure difficile, il retrouva providentiellement sur sa route son ancien Président des Conférences de Saint-Vincent de Paul, de Toulouse, qui lui

fit connaître le Cercle du Luxembourg ; il y suivit assidûment les cours de philosophie de l'abbé Noirand, dont l'influence fut considérable sur toute cette génération, et s'y lia d'une amitié solide, qui ne se démentit jamais, avec nombre de jeunes gens qui tracèrent dans la vie un sillon brillant : MM. Arthaud, Pierre de la Gorce, Thellier de Poncheville, Auffray, etc., etc. Les Conférences de Saint-Vincent de Paul et les œuvres sociales retenaient toujours son active sollicitude, et toutes ses journées du dimanche étaient consacrées à l'œuvre des jeunes ouvriers.

Ces occupations extérieures, malgré qu'elles sollicitassent puissamment son activité et son dévouement, n'entravaient en aucune façon la marche de ses études médicales : il apportait à la science la même ardeur qu'à la charité. Aussi se présentait-il en 1866 au concours d'internat des hopitaux, et le succès couronnait brillamment cette première tentative. Ses maîtres dans les hôpitaux furent Moissenet, Chauffard, Lasègue, Potain ; c'est au contact d'esprits aussi éminents qu'il acquit, par son travail opiniâtre, cette formation solide, cette « empreinte » ineffaçable qui devait faire de lui le Maître qui, plus tard, sans jamais faiblir, forma d'une façon si solide et si brillante trente-sept générations d'étudiants.

Mais son âme d'élite était toujours impatiente de charité et de dévouement : nous le retrouvons en 1867 soignant les zouaves pontificaux sur le champ de bataille de Mentana, et pendant le siège de Paris, en 1871, donnant ses soins sans compter aux blessés des ambulances. Une anecdote vaut à ce sujet d'être contée : le jeune interne d'alors avait demandé et obtenu un congé parfaitement régulier pour rejoindre les zouaves pontificaux, ce qui n'empêcha pas qu'à son retour, il apprit en termes aussi laconiques qu'administratifs qu'il était rayé de la liste des internes en

exercice ! Ses camarades l'exhortaient vivement à faire des démarches pressantes pour régulariser sa situation à l'Assistance Publique ; lui, digne, fort de son droit, s'y refusa ; il avisait régulièrement l'Administration de son retour et le lendemain reprenait purement et simplement son service. Aucune reprimande ne lui fut adressée. Ne retrouvons-nous pas à chaque pas, dans la vie de notre regretté Maître, cette attitude de dignité courageuse, forte de sa conscience et de son droit, qu'il savait si noblement affirmer ?

En 1871, H. Desplats soutenait sa thèse de doctorat en médecine sur les *Endocardites aiguës*, et le nouveau docteur s'engageait résolument dans la voie difficile des concours ; candidat au Bureau central en 1874, il se présentait en 1875 au concours d'agrégation, avec une thèse très remarquée sur les *Paralysies périphériques* et était admissible. L'avenir s'ouvrait donc brillant devant lui, non seulement dans les Hôpitaux ou la Faculté, mais encore dans la vie civile où il retrouvait auprès d'une clientèle tous les jours accrue, l'accueil le plus confiant et le plus flatteur ; c'est alors que survint un événement considérable qui, tout en bouleversant sa vie, devait, en retour, l'orienter définitivement : je veux parler de la création de l'Université Catholique de Lille.

Après son concours d'agrégation, pendant l'été de l'année 1875, le docteur Henri Desplats était allé goûter quelque repos ; il connaissait le projet tout récent de fondation d'une Université Catholique dans le Nord et cette noble conception l'avait immédiatement et complètement conquis ; il en parlait très fréquemment dans ses longues promenades et exprimait souvent la joie qu'il aurait éprouvée à participer à cette grande œuvre. C'est dans ces conditions d'esprit qu'il reçut, à son retour, au mois d'octobre 1875, la visite de M. Feron-Vrau, qu'il n'avait jamais vu, et qui venait

lui demander son concours pour la création de la Faculté Catholique de Médecine. Le Dr H. Desplats l'accueillit simplement et vivement en lui disant : « Je vous attendais, je suis votre homme ». Tout ému de cette réponse, où il reconnaissait les desseins de la Providence, M. Feron-Vrau le pria aussitôt de vouloir bien s'associer à ses recherches et de collaborer à la création et à l'organisation de la Faculté de Médecine. Sa vie devint alors d'une activité dévorante, partagée entre les Hôpitaux, sa clientèle et les nombreux voyages dans les villes universitaires ; en mars 1876, cette période préparatoire était terminée, et le nouveau Professeur, quittant définitivement Paris, venait s'installer à Lille avec sa famille déjà nombreuse. Il brisait sans regret un avenir brillant, une carrière professorale presque assurée, il abandonnait une clientèle nombreuse et très fidèle, que sa notoriété professionnelle et de brillantes relations ne pouvaient qu'augmenter chaque jour ; il répondait simplement, avec toute sa foi et toute la puissance de ses convictions, à l'appel que sa conscience lui dictait : ce noble geste restera l'honneur de toute sa vie.

L'ouverture de la Faculté de Médecine eut lieu le 1er octobre 1876 ; au milieu de difficultés de toutes sortes, le Professeur Henri Desplats inaugura alors cette admirable carrière professorale, qu'il devait, pendant trente-sept années, parcourir avec tant d'éclat, et durant laquelle la confiance de ses collègues l'appela à plusieures reprises aux hautes fonctions du décanat. Par sa notion toujours très exacte des indications ou des nécessités de chaque instant, par son rare esprit d'organisation, par son initiative toujours clairement raisonnée, par son énergique persévérance et son inépuisable dévouement, il prit une part prépondérante à l'organisation et au développement de la Faculté de Médecine et l'histoire de ces longues années de labeur

est intimement liée à celle de l'Université Catholique. Il ne m'appartient pas d'écrire ces pages : elles seront dites plus tard, en leur lieu et place, par la voix fidèle d'un ami de la première heure qui, les ayant vécues avec lui, nous montrera dans son ampleur magnifique, la riche moisson accumulée.

Je voudrais cependant parler ici du Professeur ; il fut, dans la pleine acception du mot, un « Maître ». Son esprit parfaitement ordonné savait apporter dans son enseignement cette lucidité parfaite, cette merveilleuse synthèse d'idées générales, qui était sa caractéristique, et d'où découlait naturellement une clinique logiquement thérapeutique : un sens clinique très sûr et particulièrement avisé, une érudition très étendue puisée autrefois à l'école des Maîtres les plus éminents, une parole toujours élégante et facile contribuaient au succès d'un enseignement dont l'organisation solide imprima une empreinte si forte et si durable aux générations nombreuses d'étudiants qui se succédèrent depuis la fondation de l'Université. Le Professeur H. Desplats avait au plus haut point le don parfait de la parole, et ses cliniques étaient particulièrement suivies. Elles avaient lieu deux fois par semaine et, malgré l'heure matinale, elles réunissaient toujours une assistance régulière et très nombreuse : toujours brillantes, elles étaient parfois incomparables, tant par l'élégance de la parole et leur documentation rigoureuse que par la vie véritable qui les animait. Après un exposé, toujours d'une méthode et d'une clarté parfaites, après une discussion où la rigueur scientifique le disputait à la précision des investigations cliniques, le Maître arrivait au point culminant de son argumentation, qu'il appuyait presque toujours d'un fait de sa pratique, exactement adapté au cas étudié. Il vivait alors réellement son sujet : sa voix, dont les inflexions se pliaient merveilleusement aux diverses phases de la

narration, son geste qui soulignait étroitement la parole vive et colorée, son regard qui allait chercher et subjuguer le regard de l'auditeur, tout, et l'expression même de son visage, nous faisaient revivre, dans une fidélité saisissante, « le drame pathologique » avec toutes ses surprises, ses craintes, ses angoisses et ses espérances, ses déceptions et ses victoires.

L'enseignement clinique au lit du malade retenait pareillement toute sa vive sollicitude, et il en avait fait l'objet principal de ses constantes préoccupations. Donnant lui-même l'exemple d'une rigoureuse ponctualité, il demandait à tous une assiduité invariable, exigeant une rédaction exacte des observations des malades confiés à chacun et s'assurant, par des interrogations fréquentes, qu'elles étaient régulièrement suivies. Une mémoire exceptionnelle lui permettait de n'omettre aucun détail de traitement, aucune prescription, même la plus infime, ce qui ne laissait de surprendre... à leurs dépens ses internes même les plus attentifs. Novateur souvent hardi, esprit toujours ouvert à toutes les recherches scientifiques nouvelles, il gardait cependant une défiance instinctive vis-à-vis de nouveautés trop incomplètement ou trop hâtivement étudiées, que sa méthode persévérante et sûre et sa haute conscience ne pouvaient accepter ; parfois, devant une théorie plus audacieuse ou plus incertaine, il s'abstenait de prononcer aucun jugement, mais sa lèvre se plissait d'un fin sourire sceptique, dont l'indulgente ironie était toute une leçon.

Les jours de clinique exceptés, il choisissait généralement, pendant sa visite, au hasard de ses deux services, toujours largement pourvus, un malade dont l'état clinique lui paraissait particulièrement instructif : aussitôt le cercle se formait, empressé et attentif, autour du Maître qui, simplement, empruntait la chaise du malade qu'une main rapide avait opportuné-

ment débarrassée. Ce n'était plus alors la démonstration brillante de la salle de clinique, mais bien une leçon et un exercice pratiques infiniment précieux où, en des causeries familières, l'étude des symptômes était poussée dans ses moindres détails, où l'étudiant était initié aux difficultés de l'examen du malade et à la pratique de tous les modes d'investigation clinique. Ces leçons au lit du malade sont restées fidèlement gravées dans la mémoire de tous ses élèves : il leur donnait là le meilleur de sa science, il leur donnait aussi tout son cœur. Car il connaissait et aimait tous ses chers étudiants, qui étaient pour lui des fils ; sa psychologie très affinée lui donnait très rapidement la clef des âmes qu'il voulait aussi bien diriger qu'instruire, et il ne manquait aucune occasion de le faire ; jamais il ne perdit de vue ce double but d'éducation morale autant que professionnelle, qui resta toujours sa constante préoccupation. Il gagnait ainsi la confiance absolue de ses élèves, et je n'ai pas le souvenir que jamais ce principe d'autorité, qu'il avait si solidement assis, eût été jamais transgressé, même d'une façon minime ; sa sévérité nécessaire n'était-elle pas toujours tempérée par ce bon sourire indulgent que nous lui connaissions tous, et souvent ne fut-il pas le premier à faire des démarches officieuses auprès de l'autorité académique pour tempérer ou effacer les rigueurs d'une sanction cependant très méritée ?

Il paraît superflu d'ajouter qu'il était adoré de tous ses malades ; ceux-ci lui gardaient une vive reconnaissance, non seulement pour ses soins médicaux si éclairés, mais aussi pour les paroles consolatrices que sa voix, infiniment persuasive, laissait tomber doucement au chevet de ceux qui, dans la souffrance, semblaient ne plus pouvoir espérer. Aussi, lorsqu'à l'issue de la cérémonie religieuse, le funèbre cortège passa devant l'Hôpital Sainte-Eugénie, les malades avaient encombré les fenêtres de son service et s'y

pressaient en vraies grappes humaines ; immobiles et recueillis dans un impressionnant silence, ils rendaient ainsi un muet et saisissant hommage à celui qui, dans la tristesse du matin sombre, passait lentement pour la dernière fois.

L'activité scientifique du Professeur Desplats fut considérable ; en 1878-1879 il avait été l'un des promoteurs et des fondateurs de la *Société des Sciences Médicales,* dont il fut le président à deux reprises, en 1882 et 1892. Il manquait bien rarement les réunions de la Société, et en ceci donnait à de beaucoup plus jeunes un exemple de constante assiduité, à un tel point que ses absences à nos deux dernières réunions nous avaient paru d'un fâcheux indice. Il aimait à se mêler aux discussions avec son ardeur habituelle, mais alors que les opinions contradictoires semblaient le plus confusément se heurter, il savait souvent avec un merveilleux-à-propos, tirer la conclusion exacte des faits qui venaient d'être exposés devant lui. Il fut également l'un des fondateurs, en 1879, du JOURNAL DES SCIENCES MÉDICALES DE LILLE, où il ne cessa de donner, pendant 37 années, une collaboration des plus importantes. Entre-temps, il collaborait à plusieurs Revues étrangères, participait aux Congrès et faisait en France ou à l'étranger des Conférences d'une haute tenue scientifique et morale (1).

(1) Qu'il nous soit permis de rappeler ici ce que le Dr Henri Desplats fut pour la *Société scientifique de Bruxelles.* Membre de notre Société depuis 1878, il présida à plusieurs reprises les travaux de la IVe Section des sciences médicales, et fut Président général en 1885-1886 et en 1910-1911. Nous eûmes quatre fois l'honneur de le compter parmi les conférenciers de nos assemblées générales. Il enrichit nos ANNALES d'une dizaine de mémoires ou de communications présentés à la IVe Section : citons en particulier son magistral rapport sur *la dépopulation et l'infécondité voulue.* Sa collaboration à cette REVUE nous fut aussi des plus précieuses : nous ne lui devons pas moins d'une dizaine d'articles de longue haleine sur des sujets médicaux. Sa bonne amitié et ses sages conseils ne nous firent jamais défaut, et nous gardons le souvenir reconnaissant du cordial accueil que le Pr Desplats et ses collègues de l'Université catholique voulurent bien nous faire lors de nos congrès de Lille (N. D. L. R.).

Mais la lourde charge de la vie professionnelle ne pouvait suffire à son activité : avec lui la Science allait toujours de pair avec la Charité, et il s'occupait d'œuvres nombreuses avec la plus active sollicitude et le véritable esprit d'organisation qu'il savait apporter en toutes choses.

Une de ses œuvres préférées était la Conférence Sainte-Eugénie des Étudiants qu'il avait fondée et qu'il maintenait à un degré de florissante prospérité ; son assiduité aux réunions hebdomadaires du vendredi était proverbiale. Il tenait à s'occuper des moindres détails de son fonctionnement, connaissait toutes ses familles pauvres, s'associait à leurs joies et à leurs peines, était leur conseiller, leur ami, et... ce qu'il n'eût permis à personne de dire devant lui, leur bienfaiteur. Avec quel soin ne préparait-il pas leur Arbre de Noël qui était pour lui une vraie fête, aidé dans ce ministère de la charité par la main infiniment délicate et bonne qui savait être si maternelle aux déshérités de la vie !

Il était aussi le Président du Groupement du Nord de la Société Saint-Luc, Saint-Côme et Saint-Damien, dont il restait un des plus fermes appuis ; il ne manquait jamais d'assister, à Montmartre, aux réunions annuelles et chacun de nous sait l'impulsion vigoureuse qu'il donna dans le Nord au développement de la Société. Il y voyait la continuation nécessaire de l'œuvre morale élaborée dans les années d'études et l'une des meilleures sauvegardes surtout des jeunes médecins. Chaque année, il se rendait à Lourdes au Bureau des Constatations, où son autorité et sa parfaite loyauté scientifiques ne pouvaient être discutées. Vice-Président du Conseil particulier des Conférences de Saint-Vincent de Paul, Conseiller de la Fraternité des Sœurs de l'Assomption, il était à tous ceux qui faisaient appel à sa charité. Nous le vîmes bien

lorsque, il y a quelques mois à peine, il assuma sans hésiter, après la mort de son vieil ami le regretté M. Arthaud, la lourde charge de Président du Patronage Saint-Stanislas : c'était toujours la même ardeur juvénile, la même foi et la même générosité de dévouement, et c'est avec joie qu'il nous faisait part de ses démarches et de ses projets.

Son fidèle souvenir allait bien souvent au vieux clocher natal, et il avait voulu compter parmi les membres fondateurs de l'Association des Étudiants Méridionaux, aux réunions annuelles de laquelle il vint souvent se mêler avec sa bonhomie cordiale, aux côtés de son collègue, le Dr Eustache, hélas, lui aussi disparu.

Le Docteur Henri Desplats était chevalier de l'Ordre de Saint-Grégoire-le-Grand et décoré de la médaille de Mentana.

D'une santé très robuste, à peine effleuré par les neiges de l'âge, il semblait qu'une longue carrière lui fût encore réservée. Quoique cependant, dans les derniers mois de l'année 1912, quelques symptômes de fatigue très passagère n'eussent pas échappé à ses proches et à ses amis, il continuait à assurer son service d'hôpital avec la ponctualité invariable qu'il y avait toujours apportée. Brusquement, au matin de Noël, nous apprenions qu'un mal soudain venait de le terrasser, et après quelques jours de douloureuses alternatives, malgré les soins les plus éclairés et les dévouements les plus attentifs, le Professeur Henri Desplats rendait le dernier soupir, le 31 décembre 1912, au seuil de l'année nouvelle, qui eût été sa soixante-dixième. Sa fin fut infiniment douce, dans le calme suprême du devoir toujours accompli, laissant aux siens et à tous le souvenir impérissable d'une vie d'une admirable unité chrétienne, où les plus belles vertus familiales s'unissaient aux plus rares qualités profes-

sionnelles. Dans un suprême hommage et un dernier adieu au Maître cher et vénéré, j'écris ces dernières lignes avec l'émotion poignante d'un souvenir qui jamais ne saurait s'éteindre, mais avec l'espérance sereine que celui qui fut ici-bas notre Maître si parfait de Science et de Charité, sera désormais là-haut notre puissant Protecteur.

Dr Adrien Besson.

LES NOUVELLES EXPÉRIENCES

relatives à la démonstration mécanique

DE LA

ROTATION DE LA TERRE

Ce n'est pas la première fois que la Revue des Questions scientifiques publie une étude concernant les preuves mécaniques de la rotation de la Terre. Il y a trente ans environ, l'illustre Philippe Gilbert rédigea, pour la Revue, un article magistral, décrivant les essais de ses devanciers et les brillants résultats de ses propres expériences (1). Mais, depuis 1882, on a proposé de nouvelles méthodes, on a tenté de nouveaux essais pour rendre sensible aux yeux — autrement que par des observations astronomiques — la rotation que possède notre globe vis-à-vis des étoiles fixes.

La Direction de la Revue nous a confié le soin de donner à ses lecteurs un bref aperçu de ces procédés et expériences : la mission flatteuse dont elle nous a chargé nous contraint de braver les critiques des lecteurs quelque peu exigeants et de reprendre une succession que beaucoup d'hommes compétents jugeraient écrasante.

(1) Ph. Gilbert, *Les preuves mécaniques de la rotation de la Terre* (Revue des Questions scientifiques, Bruxelles, t. XI, 1882, pp. 353-393).

La tâche nous est grandement facilitée par l'heureuse circonstance que nous nous trouvons en possession de deux excellents Ouvrages (1), qui ont paru tout récemment et qui résument admirablement ce qui a été réalisé et publié à ce sujet.

I

Nous nous proposons tout d'abord de dire à quel point de vue nous entendons nous placer, de préciser le sens que nous attachons aux mots « rotation de la Terre » et d'apprécier à sa juste valeur la qualité démonstrative d'une expérience mécanique. Toutefois nous ne parlerons pas du fameux procès de *Galilée*, ni des discussions philosophiques et physiques auxquelles il a donné lieu (2).

En premier lieu, quelques considérations générales.

Parmi les sciences mathématiques appliquées — dont l'ensemble peut être nommé Physique mathématique — la mieux connue de nos lecteurs est certes la *Géométrie* ou science de l'étendue. En Géométrie, on considère notamment des points qui, en se déplaçant, décrivent des lignes, des lignes qui, en se déplaçant, engendrent des surfaces, des surfaces qui, en se dépla-

(1) Ph. Furtwängler, *Die Mechanik der einfachsten physikalischen Apparate und Versuchsanordnungen* (ENCYKLOPAEDIE DER MATHEMATISCHEN WISSENSCHAFTEN, Leipzig, t. IV, art. 7, mars 1904; spéc. ch. III, §§ 33-44, pp. 49-61); et surtout la volumineuse publication de l'Institut astronomique du Vatican : J.-G. Hagen, S. J., *La rotation de la Terre; ses preuves mécaniques anciennes et nouvelles*, Rome, 1911 (trad. fr. de P. de Vrégille, S. J.), avec deux appendices : I. *Les preuves de M. Kamerlingh-Onnes*, par J. Stein, S. J., 1910, et II. *Continuation des expériences*, par J.-G. Hagen, S. J. (trad. fr. de P. de Vrégille, S. J.), 1912.

Une analyse de ce dernier ouvrage, par A. Blondel, a paru dans le BULLETIN ASTRONOMIQUE, Paris, t. XXX, avril 1913, pp. 221-224.

(2) Voyez l'article cité de Gilbert et, parmi les innombrables publications relatives à ce procès, tout spécialement l'article « Galilée » que P. de Vrégille, S. J., a rédigé dans le *Dictionnaire apologétique de la Foi catholique*, de A. d'Alès, Paris, fasc. VII, 1911, col. 147-192.

çant, balaient l'étendue de volumes, mais on ne s'occupe en aucune manière du *temps* dans lequel s'effectuent ces mouvements, se produisent ces générations de courbes, de surfaces, etc.

Si, en plus de la notion d'espace, on fait intervenir cette notion de temps, on obtient une science déjà plus complexe, nommée *Cinématique* (1) ; cette science étudie les propriétés spatiales des mouvements dans leurs rapports avec le temps, mais sans rechercher quelles sont les causes physiques de ces mouvements.

La résolution de ce dernier problème fait l'objet d'une troisième science, la *Dynamique* (2), dont l'étude suppose connue la Cinématique. A vrai dire, la Dynamique n'a pas pour objet une recherche *qualitative* de causes (3) ; il est impossible de découvrir les véritables causes des phénomènes physiques et, en particulier, des mouvements ; on se contente de substituer aux causes réelles qui produisent les mouvements, d'autres causes *fictives* appelées *forces* (4). et, en Dynamique, on se borne à calculer la *grandeur* de ces forces.

Ainsi, lorsque nous disons que la distance de Liége à Bruxelles est de cent kilomètres, nous recourons uniquement à une notion géométrique. Quand nous écrivons qu'un express roule à une allure de quatre-vingts kilomètres à l'heure ou encore qu'un train parti de Liége à deux heures arrive à Bruxelles à trois heures et demie, nous employons simplement des considérations cinématiques. Mais. si nous disons que,

(1) Cette branche n'est constituée en corps spécial de doctrine que depuis A.-M. Ampère.

(2) *Cinetics* des Anglais, *Kinetik* des Allemands.

(3) Que nos lecteurs métaphysiciens nous pardonnent ce langage si peu philosophique !

(4) Cf. P. Appell, *Traité de Mécanique rationnelle*, t. I, 2e éd., Paris, 1902 : Introduction, pp. 1-2 (citation presque textuelle). La Dynamique étudie aussi le problème inverse.

pour effectuer ce trajet en ce temps, il faut atteler à un convoi de quinze voitures une locomotive de telle puissance, par exemple de quinze cents chevaux, nous faisons de la Dynamique.

Cette distinction entre Cinématique et Dynamique(1) clairement comprise, venons maintenant à l'indication de ce qu'on doit entendre par *repos* et *mouvement* « absolus » et « relatifs ».

Quand on dit qu'un corps est en repos ou en mouvement, on sous-entend toujours que ce repos ou ce mouvement est réalisé ou a lieu *par rapport à certains autres corps* (2) : ainsi un objet que nous considérons comme immobile n'est en repos que vis-à-vis de la Terre ; si la Terre possède un mouvement par rapport aux étoiles, cet objet n'est pas en repos vis-à-vis de ces étoiles, etc. En d'autres termes, en Géométrie et en Cinématique on n'observe que des mouvements *relatifs* (3). Néanmoins il est commode, dans chaque question de Cinématique ou de Géométrie du mouvement, de faire choix d'un système *particulier* (absolument quelconque) d'axes de référence qui, *par définition*, sera regardé ou, mieux, appelé *absolument fixe*. Ce choix reste — nous le répétons — absolument arbitraire. Le mouvement, par rapport à un tel trièdre de référence, pourra être dit *absolu* ; toutefois on ne

(1) L'une et l'autre sciences sont les branches de la *Mécanique* ou science du mouvement.

(2) On concevra ceci très bien si l'on songe que nos yeux jugent d'un mouvement par la modification de *distances* qui séparent des points deux à deux : l'estimation d'une distance implique nécessairement la considération simultanée de deux points, dont l'un doit — en dernière analyse — être pris comme *origine* ou *point de repère*.

(3) Voyez, par exemple, plusieurs notes de de Tilly, Mansion, Pasquier, etc., dans les ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, tt. XVI, XIX, XX, XXIV, XXV, etc., et spécialement t. XXV, pp. 134-138. Consultez aussi E. Pasquier, *A propos du pendule de Foucault* (MÉM. UNION ING., Louvain, 1903) ; *La Terre tourne-t-elle ?* (REVUE DE L'UNIV. DE BRUXELLES, 1904).

trouvera guère avantage à employer ici une telle expression.

Mais si, en Cinématique, le choix d'un système d'axes, regardé comme fixe, est tout à fait arbitraire, en Dynamique il n'en est plus de même (1). Pour simplifier autant que possible l'étude des phénomènes dynamiques, on trouve avantageux d'adopter quelques principes fondamentaux (2), en nombre minimum, et d'en déduire, par les règles du calcul, les conséquences qui en découlent pour tel ou tel cas particulier de mouvement : chose très importante à remarquer, ces principes ne peuvent être vérifiés simultanément par les mouvements estimés à partir de deux ou plusieurs systèmes *différents* d'axes de référence ; par suite ils concernent non pas le mouvement par rapport à un système de référence quelconque, mais bien celui relatif à un système d'axes (ou, du moins, à un groupe de systèmes d'axes) *parfaitement déterminé*. On peut donner à ce dernier système le nom de *système d'axes absolus* (au point de vue dynamique) ou *absolument fixes*.

Pratiquement ce système d'axes n'est pas fixe par rapport à notre globe — comme à première vue il semblerait qu'on dût s'y attendre (3) — mais fixe très sensiblement (ou, du moins, se mouvant, dans une translation uniforme, parallèlement à des axes fixes) par rapport au « solide stellaire ». On peut concevoir un tel solide si l'on néglige les mouvements mutuels (relatifs), d'ailleurs excessivement lents, des étoiles dites « fixes » et si l'on considère la configuration inva-

(1) Cf. P. Appell, *op.* et *lib. cit.*, ch. II, § 35, p. 44.

(2) Indémontrables — au point de vue strict — mais admissibles pour des raisons expérimentales.

(3) Puisque nos expériences paraissent ne devoir nous renseigner — au moins directement — que sur les mouvements relatifs à la Terre.

riable formée par l'ensemble des droites unissant deux à deux les centres de ces astres.

Nos lecteurs se demanderont sans doute comment il a été possible aux physiciens de reconnaître que les principes fondamentaux qu'ils admettent — et qui, somme toute, forment la synthèse de leurs observations et expériences — ne sont pas rigoureusement vérifiés par les mouvements estimés à partir de la Terre, mais bien — au moins d'une manière plus approchée — par ceux mesurés à partir du solide stellaire (1). Eh bien, c'est d'abord au moyen des mouvements mutuels (2) du Soleil, des planètes, satellites et comètes, mouvements qui obéissent très fidèlement aux principes énoncés de cette dernière manière; c'est ensuite au moyen des mouvements, vis-à-vis de la Terre, d'appareils tels que ceux que nous allons décrire ci-dessous.

En d'autres termes nous savons, par des observations purement cinématiques (savoir les observations astronomiques), que la Terre tourne, avec une vitesse angulaire constante (3) (autour d'un axe passant par son centre et se mouvant constamment avec lui, mais conservant dans l'espace stellaire une direction invariable) (4) en effectuant, vis-à-vis des étoiles fixes, une rotation complète en la durée constante de vingt-quatre heures sidérales, soit en un peu moins de vingt-quatre de nos heures.

(1) A priori on voit qu'ils ne peuvent (voyez ci-dessus) être vrais *simultanément* pour les mouvements comptés à partir de la Terre *et* à partir du solide stellaire.

(2) Défalcation (cinématique) faite du mouvement diurne apparent.

(3) On a les meilleures raisons de croire que ce mouvement de rotation va en se ralentissant, grâce surtout au frottement des marées; néanmoins on n'a pas encore pu déceler de trace certaine de variation dans la durée du jour sidéral.

(4) Ceci non plus n'est pas rigoureusement vrai : la précession et la nutation luni-solaires, sans compter d'autres causes plus complexes, produisent un balancement de cet axe, mais qui est assez faible.

Supposant maintenant que les principes fondamentaux soient vrais *successivement* par rapport aux mouvements se rapportant à deux systèmes d'axes de même origine (par exemple, le centre de la Terre), l'un étant invariablement lié à la Terre (et tournant donc vis-à-vis des étoiles) et l'autre ayant une orientation invariable par rapport aux étoiles, on peut montrer que, des résultats des calculs menés dans ces deux hypothèses, *le second concorde mieux avec l'expérience que le premier*. Pour nous, contrairement à l'opinion du général de Tilly (1), les expériences telles que celles de Reich, de Foucault et celles que nous allons décrire, *ne peuvent prouver davantage*.

Pour mieux nous pénétrer de ceci, il nous semble bon de répéter les considérations précédentes sous une forme un peu différente. Supposons que nous ayons défini cinématiquement le mouvement d'un trièdre de référence $Oxyz$ par rapport à un autre trièdre $O'x'y'z'$: si ce mouvement est autre qu'une translation uniforme du premier système parallèlement au second, les principes fondamentaux de la Dynamique (principe de l'inertie, principe de la composition des accélérations, principe de la réaction) ne peuvent être vrais *en même temps* pour les mouvements d'un corps quelconque estimés respectivement à partir de l'un et l'autre systèmes d'axes. Supposons que ces principes se rapportent au second système, c'est-à-dire que $O'x'y'z'$ soit le système *absolu* : alors, pour étudier le mouvement vis-à-vis du premier système $Oxyz$, nous ne pouvons appliquer directement à ce mouvement les principes

(1) M. de Tilly, *Sur les trois principes fondamentaux de la Mécanique rationnelle* (Annales de la Société Scientifique de Bruxelles, t. XXIV, 1899-1900, pp. 214-238) ; spécialement p. 225. — A dessein, nous ne parlons pas ici des nouvelles théories (principe de relativité, etc.) de Lorentz, Abraham, etc. ; pour ces dernières consultez, par exemple, H. Poincaré, *La dynamique de l'électron* (Revue gén. des Sc. pures et appl., Paris, t. XIX, 1908, pp. 386-402).

fondamentaux. Mais cependant un examen attentif montre qu'on peut utiliser ces principes, pour déterminer ce mouvement, à la condition expresse de supposer, pour le calcul, qu'à côté des forces réellement appliquées au corps agissent d'autres forces *fictives* bien déterminées, qu'on nomme *forces relatives :* le mouvement vis-à-vis de $Oxyz$ prend lui-même le nom de *mouvement relatif.*

La question qui se présente ici est précisément de savoir si les mouvements des corps à la surface de la Terre (dont il sera seulement question dans ce qui suit) peuvent être déterminés par la méthode des mouvements *absolus* (application directe des principes fondamentaux) ou par celle des mouvements *relatifs* (application des principes, en tenant compte de la remarque que nous venons de faire) : en d'autres termes, si les résultats de l'expérience nous permettent d'affirmer que les axes $O'x'y'z'$, fixes (1) par rapport aux étoiles, sont les *axes absolus* plutôt que les axes $Oxyz$, invariablement liés à la Terre, ou tout autre système d'axes. Nous nous contenterons ici de vérifier *a posteriori* cette assertion, savoir que, très sensiblement, *les axes absolus de la Dynamique sont fixes par rapport au solide stellaire.*

A première vue — nous le répétons — cette conclusion peut paraître étrange. Tout le monde sait que nous déterminons les mouvements de nos machines au moyen de l'application directe des principes fondamentaux : la mécanique appliquée, la construction des machines supposent certes que ces lois sont vraies pour les mouvements comptés à partir de la Terre. Mais la

(1) Il s'agit ici d'une *orientation* invariable vis-à-vis du solide stellaire ainsi que d'un repos ou mouvement uniforme de l'origine O' vis-à-vis de ce solide. On peut très bien admettre, si les expériences ne durent pas longtemps, que le mouvement du centre de la Terre est, par rapport aux étoiles fixes, rectiligne et uniforme.

surprise se dissipera dès que l'on aura songé à la petitesse de la rotation que possède la Terre vis-à-vis des étoiles : une roue qui n'effectuerait qu'un tour en un jour ne posséderait certes, à nos yeux, qu'une faible rotation ! On comprendra de suite que les forces *relatives* qu'il est nécessaire, dans notre hypothèse, d'introduire à côté des forces réellement appliquées, sont très faibles vis-à-vis de ces dernières, et on devinera que leur effet doit être masqué par l'effet de celles-ci. Mais on comprendra aussi que si l'on s'arrange de manière que le corps dont on étudie le mouvement soit presque soustrait aux forces proprement dites ou du moins placé dans des conditions « ad hoc », les forces relatives peuvent très bien avoir un effet sensible, c'est-à-dire un effet qui ne soit plus noyé dans celui des forces réelles (1). La constatation expérimentale de cet effet nous permettra de vérifier la justesse de notre hypothèse. *C'est tout ce que nous demandons aux expériences.*

II

Comme nous venons de le faire observer, l'hypothèse (2) que les axes absolus de la Dynamique sont invariablement liés au solide stellaire entraîne la conclusion que, dans l'étude des mouvements qui se produisent à la surface du globe, on doit tenir compte des forces relatives qui naissent de la rotation de la Terre

(1) Ainsi dans le mouvement de nos trains de chemins de fer, automobiles, navires, etc. l'influence de la rotation terrestre ne se fait pas sentir ; mais nous sommes certainement autorisés à dire qu'il existe quand même des forces relatives, mais que les forces relatives qui proviennent de cette rotation sont beaucoup trop faibles, vis-à-vis de la force des moteurs, pour que leur effet puisse être décelé. Au contraire dans les expériences délicates telles que celles du pendule de Foucault, on s'est placé à dessein dans les conditions *optimae* et leur effet se manifeste bien visiblement.

(2) Provisoirement gratuite.

vis-à-vis de ce solide. Seules quelques expériences permettent, moyennant un examen attentif et minutieux, d'évaluer d'une façon précise les *perturbations* (1), dues à ces forces relatives, et, en comparant leurs résultats à ceux du calcul, d'en inférer que l'hypothèse initiale peut être acceptée.

Cette confirmation — que nous appellerons *preuve mécanique* — peut porter uniquement sur la direction, le sens du phénomène (expérience *qualitative*), peut concerner en outre la valeur numérique de la perturbation avec un écart faible (2) (expérience *quantitative*), enfin peut aller *jusqu'à la précision* (3).

Voici quelques genres d'expériences, qualitatives ou quantitatives, qui ont permis une vérification plus ou moins complète de l'hypothèse admise :

1° Chute d'un corps pesant libre (Guglielmini, Benzenberg, Reich, Hall, etc.) ou d'un corps suspendu à un fil (machine d'Atwood convenablement adaptée, « poulie fixe » de Hagen et Manucci, etc.) ;

2° Mouvement vertical horizontal ou oblique d'un projectile (Mersenne, Petit, etc.) ;

3° Mouvement d'un pendule simple, plan (Foucault) ou conique (Bravais), ou horizontal (Hengler) ; ou composé (Franchot, Garthe, Foucault, Bernardi, Kamerlingh-Onnes, etc.) ;

4° Mouvement d'un appareil gyroscopique (gyroscope de Foucault, boussole gyroscopique de Foucault,

(1) Nous donnons ici ce nom aux écarts qui se produisent entre les résultats de l'expérience et les résultats auxquels on devrait s'attendre par l'application directe des principes fondamentaux aux mouvements comptés *à partir de la Terre*.

(2) Dans ce cas, on peut généralement évaluer *quantitativement* les influences secondaires.

(3) Cf. Hagen, *op. cit.*, Introduction, § I, n° 5, p. 4. Il semble bien que, jusqu'à présent, on n'ait encore pu réaliser une seule expérience de précision, c'est-à-dire une expérience dont les perturbations *secondaires* puissent être mesurées quantitativement.

barogyroscope de Gilbert ; gyroscope horizontal de Föppl ; compas gyroscopique de Sperry, d'Anschütz-Kämpfe, etc.) ;

5° Mouvement des courants liquides (Combes, Perrot, Turmlirz, etc.) ;

6° Mouvement de l'isotoméographe (Hagen) ;

7° Mouvement de la « poulie suspendue » (Hagen).

Nous ne décrirons ici (1) que les expériences tentées depuis la publication de l'article de Gilbert, bien que ce dernier article ne mentionne guère *tous* les essais faits jusque 1882 (2). Nous nous efforcerons de donner en même temps une explication élémentaire — hélas, pas toujours rigoureuse (3) — des résultats curieux obtenus dans ces expériences.

Voici ce à quoi nous devrons nous borner :

1° Expériences de Hall sur la chute d'un corps libre;

2° Expériences de Föppl sur le mouvement d'un gyroscope perfectionné, imaginé par lui-même ;

3° Expériences de Turmlirz sur le mouvement de courants liquides ;

4° Expériences de Hagen sur le mouvement de son « isotoméographe » ;

5° Expériences de Hagen sur le mouvement de sa « poulie suspendue » ;

6° Expériences de Hagen sur la chute d'un corps attaché à un fil (méthode dite de la « poulie fixe », imaginée par Hagen et Manucci).

(1) Voyez l'ouvrage très documenté du P. Hagen, pour une étude approfondie des diverses méthodes.

(2) C'est ainsi que Gilbert ne parle ni du pendule conique de Bravais, ni du pendule horizontal de Hengler, ni des courants liquides de Perrot, ni du ressort coudé de Poinsot, ni des boules suspendues de Baudrimont et Boillot, etc.

(3) L'explication rigoureuse exige généralement qu'on entre dans beaucoup de détails : et nous craindrions que notre article ne perdît le caractère essentiel de vulgarisation qu'il doit de toute nécessité posséder et garder.

III

Le physicien américain E. H. Hall s'est proposé de reprendre les expériences de Guglielmini, Benzenberg et Reich sur la chute d'un corps pesant libre, mais en les perfectionnant et en les soumettant à une analyse plus rigoureuse.

Tout d'abord, un mot sur le phénomène que l'on doit observer.

Supposons qu'une personne, placée au sommet d'une tour, le bras étendu au-dessus du vide, lâche doucement, sans impulsion latérale, une balle de plomb qu'elle tenait préalablement entre le pouce et l'index. Il est facile de voir que la balle de plomb, sans vitesse initiale de chute mais soumise à l'action de la pesanteur (plus exactement de l'attraction terrestre), doit, au lieu de suivre rigoureusement la verticale passant par son point de départ, *dévier vers l'Est*. En effet, la Terre tournant par hypothèse autour de son axe (dans le sens Ouest-Est) (1), les points les plus éloignés de cet axe sont animés, vis-à-vis des axes absolus, de la plus grande vitesse linéaire. Dans la tour (2), le sommet, étant plus éloigné de l'axe de rotation terrestre que la base, aura, dans la direction du parallèle géographique passant par la base et *vers l'Est*, un mouvement plus rapide. La balle de plomb, tombant du haut de la tour, possède initialement la même vitesse linéaire (3) que le sommet de la tour et, en vertu du premier principe fondamental — savoir le principe de l'inertie — doit conserver cette vitesse aussi longtemps qu'aucune force

(1) C'est-à-dire, pour un observateur se trouvant dans l'hémisphère boréal, par exemple au pôle Nord, *de la droite vers la gauche, par devant lui.*

(2) Que nous supposons suffisamment élevée (pour que le phénomène s'accuse nettement) et placée en un lieu géographique différent des pôles.

(3) *Linéaire*, par opposition à la vitesse *angulaire*.

n'agit sur elle. En réalité la balle tombe parce qu'une force — l'attraction terrestre — agit sur elle ; mais, en vertu du principe de l'indépendance de l'effet dynamique d'une force et de la vitesse antérieurement possédée par son point d'application, seule la composante *radiale* (1) de la vitesse absolue de la balle peut changer, puisque l'attraction est elle-même une force radiale. Il en résulte que la balle, dans sa chute, conserve — indépendamment d'une vitesse radiale variable — la vitesse linéaire de circulation qu'elle avait initialement autour de l'axe terrestre ; pendant cette chute, elle parcourt donc horizontalement vers l'Est un espace plus considérable que ne le fait le pied de la tour (2), et elle va atteindre le sol en un point *situé quelque peu à l'Est* de la verticale passant par son point de départ.

En fait cette explication est absolument insuffisante, mais nous nous en contenterons ici. La théorie complète montre que les forces *relatives* doivent produire ici, en même temps, une déviation dans le méridien et *vers le Sud :* en sorte que la déviation *totale* n'est plus exactement dirigée vers l'Est. Toutefois cette composante méridionale est *très faible vis-à-vis de la composante orientale* et doit être pratiquement indécelable.

Au lieu d'employer, comme ses prédécesseurs, une hauteur de chute considérable (3), Hall préfère profiter des ressources que le laboratoire bien outillé de Cambridge (Massachussetts, U. S. A.) lui offre et prend seulement vingt-trois mètres pour cette hauteur.

(1) C'est-à-dire ayant pour direction celle du rayon terrestre, unissant le centre de la Terre au pied de la tour. Nous négligeons la résistance de l'air qui, cependant, dans telle expérience, modifie du tout au tout le résultat.

(2) Qui a la même vitesse *angulaire* que le sommet, mais une vitesse *linéaire* plus faible, puisqu'il est plus proche de l'axe terrestre.

(3) Reich utilisait un puits de mine et opérait sur une hauteur de près de cent soixante mètres !

Dans ses expériences (1), les corps en chute sont des sphères de métal qu'on abandonne une à une. La sphère (petite boule pesant quelques grammes) est tout d'abord maintenue appliquée, par un levier et contrepoids, contre la face inférieure d'un anneau horizontal, fixé lui-même à la partie supérieure du laboratoire ; un fil maintient le levier. On provoque la chute de la boule en opérant, par la flamme d'un brûleur à gaz, la combustion du fil. A son arrivée au sol, la boule n'est pas reçue sur un bloc de bois dur, comme dans les expériences antérieures, mais bien sur un plateau horizontal portant un gâteau composé d'un mélange de suif, de lard et de cire. Après la chute d'une boule et avant la chute de la suivante, on fait tourner le plateau de soixante degrés autour de la verticale ; six boules tombant successivement doivent figurer les sommets d'un hexagone régulier dont le centre se trouve sur la verticale du point de départ.

Hall fait ses expériences pendant la nuit, pour éviter les influences thermiques perturbatrices ; en moins d'une heure et demie il lâche vingt-quatre boules et il a soin d'entourer le champ de chute d'un cylindre de drap fait d'une seule pièce, de manière à empêcher les déviations accidentelles, dues aux courants d'air, de se produire.

Ce physicien a fait, d'avril à juillet 1902, neuf cent quarante-huit observations : leurs résultats n'ont pas été publiés en détail. Seul le tableau ci-contre a été communiqué au public (2) :

(1) E. H. Hall, *Do falling bodies move southwards ?...* [Physical Review, New-York, t. XVII, 1903, pp. 179 et 245 ; Contributions from the Jefferson Physical Laboratory of Harvard University, 1903, t. I, nos 7, 8 et 11, avec un supplément (t. VII, no 14)].

(2) La deuxième colonne du tableau, intitulée *Table*, indique que, pour les groupes d'expériences 3 et 4, la table qui supportait le plateau et les deux microscopes montés à angle droit, était tournée de 180° en azimut. La troisième colonne, portant le titre *Plateau*, indique que les boules, en tombant, se

Groupe	Table	Plateau	Déviation vers l'Est en centimètres		Déviation vers le Sud en centimètres		Nombre de boules
1	0°	Ouest	+ 0,16	± 0,009	+ 0,006	± 0,008	258
2	0°	Est	+ 0,15	± 0,009	— 0,004	± 0,010	210
3	180°	Ouest	+ 0,19	± 0,009	— 0,001	± 0,007	240
4	180°	Est	+ 0,08	± 0,010	+ 0,025	± 0,010	240
	Total		+ 0,15	± 0,005	+ 0,005	± 0,004	948

La discussion de ces résultats montre d'une façon nette l'existence de la déviation *orientale*. La preuve qualitative est ici incontestable. Mais Hall lui-même n'attribue aux résultats de ses expériences qu'une signification quantitative assez faible, au moins pour ce qui concerne cette déviation orientale. Ce qui intéresse surtout le physicien — et qui est le véritable objet de ses essais — c'est la déviation *vers le Sud*. Certains de ses devanciers ont prétendu avoir constaté expérimentalement son existence, et il veut examiner ce que des expériences mieux conduites et plus précises peuvent indiquer à ce sujet. Seul le groupe 4 du tableau ci-dessus pourrait témoigner en faveur de l'existence d'une déviation méridionale ; et encore cette anomalie peut-elle s'expliquer autrement. Néanmoins les expériences de Hall en confirmant d'une manière assez nette la légitimité de l'hypothèse admise (1), ne sont pas suffi-

fixaient dans le gâteau sur le bord Est ou sur le bord Ouest. Dans les quatrième et cinquième colonnes les chiffres précédés du double signe ± indiquent l'*erreur moyenne* pour chaque groupe. [Cf. Hagen, *op. cit.*, 1re partie, ch. III, § 6, pp. 32-33].

(1) Savoir que les axes absolus de la Dynamique sont fixes par rapport au solide stellaire, et que la Terre possède ainsi, vis-à-vis de ces axes, une vitesse angulaire constante de rotation de $\frac{2\pi}{86\,400}$ par seconde de temps sidéral. Toutefois, il ne faut pas se faire d'illusions, la théorie indique pour la dévia-

santes pour démontrer d'une façon incontestable qu'il n'existe pas de tendance des corps à tomber vers le Sud ; d'autres expérimentateurs, Reich en particulier, ont d'ailleurs prétendu que cette tendance existe.

Voici encore un tableau dressé par Furtwängler (1) et permettant la comparaison des degrés de précision des mesures des divers physiciens :

Observateurs	Année d'observation	Nombre d'essais	Hauteur de chute en mètres	Déviation orientale en millimètres		Déviation méridion. observée, en millimètres
				calculée	observée	
Guglielmini. . .	1791	16	78,0	11.3	19 ± 2,5	+12 ± 1,1
Benzenberg. . .	1802	31	76,4	8,7	9,0 ± 3.6	+3,4 ± 2,5
Benzenberg. . .	1804	29	85,1	10.4	11.5 ± 2,9	—1,6 ± 3,8
Reich.	1831	106	158,5	27,5	28,3 ± 4	+5.1 ± 4
Hall	1902	948	23	1,8	1,5 ± 0,2	+0,05 ± 0,04

IV

Le *gyroscope horizontal* de Föppl n'est au fond qu'une « boussole gyroscopique de déclinaison » perfectionnée. Il se compose d'un électromoteur E (fig. 1) portant sur son axe (horizontal), de part et d'autre, deux volants massifs V, V′ en acier coulé, de cinquante centimètres de diamètre et pesant trente kilogrammes chacun, le tout suspendu à trois fils d'acier *f*, *f′*, *f″* (suspension dite *trifilaire*), attachés eux-mêmes au plafond de la salle d'expériences. L'électromoteur, à courant continu, tourne à grande vitesse : le nombre de

tion orientale 1,8 millimètre, tandis que l'observation fournit 1,5 ± 0.2 : l'écart moyen atteint près de 17 %. Aussi la confirmation n'est-elle pas réellement quantitative.

(1) Article cité, n° 35, p. 50.

tours par minute peut aller jusque deux mille quatre cents et est mesuré avec précision au moyen d'un voltmètre; en fait, dans les expériences, le nombre de

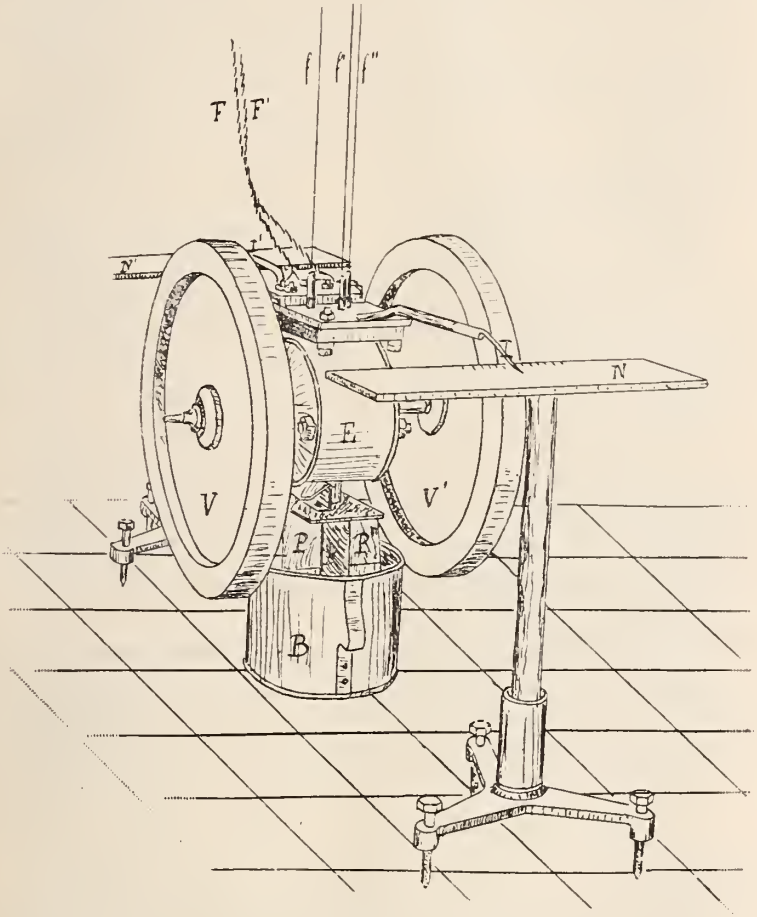


Fig. 1

tours est toujours compris entre quinze cents et deux mille trois cents. Les fils d'amenée du courant F, F' sont laissés très lâches. Les oscillations de l'appareil autour de la verticale sont amorties au moyen de

quatre palettes P, P', P'', ..., fixées à sa partie inférieure et plongeant dans un bain d'huile B. Deux index I, I', fixés à la partie supérieure de l'électromoteur, parcourent chacun, lorsque l'appareil tourne autour de la verticale, les degrés de la graduation gravée sur une planchette N (ou N') horizontale ; cette planchette est portée par un trépied. Des tambours de tôle, non représentés sur la fig. 1, recouvrent les volants et empêchent le vent qu'ils produisent en tournant de causer des perturbations.

L'appareil ne possède — indépendamment du déplacement horizontal possible qui n'entre pas ici en jeu — que deux degrés de liberté : rotation propre de l'induit de l'électromoteur et des volants autour de l'arbre, rotation possible de tout l'appareil autour de la verticale.

Le but que poursuit le professeur de Munich est de recommencer, avec cet appareil robuste et perfectionné, l'expérience de Foucault de la boussole gyroscopique (1) et d'obtenir non seulement des résultats moins contestables (2), mais encore des résultats ayant une valeur quantitative.

Le principe sur lequel repose le fonctionnement de l'appareil est le même que celui de l'instrument de Foucault. Ce principe est souvent nommé *principe de la tendance des axes de rotation au parallélisme.*

(1) Nous donnons ce nom au gyroscope de Foucault auquel on ne laisse plus que *deux* degrés de liberté, l'axe du tore étant astreint à ne pas quitter le plan horizontal.

Voyez A. Föppl. *Ueber einen Kreiselversuch zur Messung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde* [Sitzungsberichte der Kgl. Bay. Akad. der Wiss. (sc. math. et phys.), Munich, t. XXXIV, 1904, pp. 3 et 5-28; Physikalische Zeitschrift, Leipzig, t. V, 1904, pp. 416-425]; J.-G. Hagen, *op. cit.*, 3e partie, ch. IV, pp. 89-90; Ph. Furtwängler, article cité, ch. III, litt. C, n° 44, pp. 60-61 ; F. Klein et A. Sommerfeld, *Ueber die Theorie des Kreisels*, Leipzig, 4e fasc., 1910, Appendice, p. 955 ; etc.

(2) Cf. Klein et Sommerfeld, *op. cit.*, 3e fasc., 1903, ch. VIII, litt. B, § 9, pp. 731-759.

Voici, en quelques mots, en quoi il consiste (1) : Lorsqu'un corps de révolution tourne autour de son axe de symétrie et qu'un couple de forces agit sur cet axe pour changer sa direction, en d'autres termes, pour faire tourner le corps autour d'un nouvel axe de rotation, le mouvement attendu ne se produit pas; mais on observe un déplacement de l'axe de révolution, qui tend à se placer parallèlement au nouvel axe (après une série d'oscillations), et cela de telle façon que les deux rotations — savoir celle que possède, en propre, le corps et celle que le couple semblerait devoir produire — s'effectuent dans le même sens.

Le couple d'orientation effective de l'appareil a son axe normal aux deux autres axes de rotation; son sens peut se déduire par la *règle des trois doigts* (2). Il est nommé *couple gyroscopique* ou *gyrostatique* et provient évidemment de forces *relatives*.

Dans l'appareil de Föppl, l'axe géométrique de l'arbre, devant rester horizontal, ne peut se placer parallèlement à l'axe de rotation de la Terre (3), mais peut faire un *angle minimum* avec cet axe, ce qui arrive lorsqu'il se trouve dans le méridien. Eh bien, c'est de cette façon que se manifeste, pour lui, la tendance des rotations au parallélisme. Si primitivement, l'appareil est mis en mouvement, par la fermeture du circuit électrique, et que l'axe de l'arbre soit en dehors du plan méridien, par exemple lui soit perpendiculaire, cet axe tournera dans le plan horizontal de façon à

(1) Cf. Gilbert, art. cité, pp. 382-383. Au point de vue « rigueur » et plus encore au point de vue « netteté », l'énoncé de Gilbert, que nous reproduisons ici avec une très légère modification, laisse assez à désirer. Mais nous n'avons pas l'intention de donner ici un cours de mécanique. — Pour un énoncé plus précis voyez notre opuscule *Quelques remarques sur le principe de la tendance des rotations au parallélisme, énoncé en 1852 par Léon Foucault* (Ann. Soc. Sc., Bruxelles, t. XXXV, 2e fasc., janvier 1911, pp. 151-169).

(2) Consultez, par exemple, E.-W. Bogaert, *L'effet gyrostatique et ses applications*, Bruxelles, 1912, ch. II, § 13, pp. 35-38.

(3) Au moins si le lieu où se trouve l'appareil n'est pas sur l'équateur terrestre.

venir se placer, après une série d'oscillations, dans ce méridien, en formant alors avec l'axe de la rotation terrestre (qui est ici, vis-à-vis des axes absolus, l'axe de la rotation d'entraînement), l'angle minimum, qui est précisément égal à la latitude géographique du lieu. Plus exactement, l'axe de l'appareil (c'est-à-dire l'axe géométrique de son arbre) aura une tendance à se placer dans le méridien et s'y placerait effectivement si le couple antagoniste de réaction de la suspension trifilaire ne s'y opposait. En fait cet axe prend, après une série d'oscillations qui s'amortissent rapidement, une position d'équilibre, intermédiaire entre le méridien et le premier vertical, pour laquelle le couple de torsion de la suspension à trois fils est égal au couple gyrostatique d'orientation.

Voici les résultats que Föppl a obtenus :

Numéro de l'essai	Direction du vecteur de rotation (1) à l'instant initial	Nombre de tours par minute effectués par les volants	Angle d'écartement calculé (en degrés) (2) θ	Angle d'écartement observé (en degrés) (2) θ'	Différence absolue (en degrés) $\theta' - \theta$	Ecart relatif en % $\frac{\theta' - \theta}{\theta}$
1	Ouest	1520	— 5,54	— 5,65	— 0,11	— 1,99
2	Ouest	1530	— 5,58	— 5,71	— 0,13	— 2,33
3	Est	1540	+ 5 62	+ 5,58	0,04	— 0,71
4	Est	1550	+ 5,65	+ 5,60	— 0,05	— 0,86
5	Est	1710	+ 6,23	+ 6,12	— 0,11	— 1,75
6	Ouest	1800	— 6,55	— 6,61	— 0,06	— 0,92
7	Est	1900	+ 6,92	+ 7,18	+ 0,26	+ 3,76
8	Ouest	2000	— 7,27	— 7,45	— 0,18	— 2,48
9	Est	2200	+ 7,99	+ 7,63	— 0,36	— 4,51
10	Ouest	2280	— 8,27	— 8,23	+ 0 04	+ 4,84

(1) On prend, comme sens positif de rotation, celui du mouvement des aiguilles d'une montre, alors « direction ouest du vecteur rotation » veut dire qu'un observateur, situé à l'ouest de l'appareil et regardant le volant (qui, initialement, lui fait face), voit tourner ce dernier de gauche à droite (en passant par le dessus), etc.

(2) On compte les angles positivement de gauche à droite. Les angles d'écartement sont comptés à partir de la position d'équilibre stable.

On voit (1) que l'écart relatif entre l'angle observé et l'angle calculé est toujours moindre que cinq pour cent. Les expériences ont par suite une réelle valeur qualitative et quantitative et prouvent que, pratiquement, les axes absolus de la Dynamique peuvent être considérés comme fixes par rapport au solide stellaire.

V

L'idée fondamentale qui a guidé le professeur viennois O. Turmlirz (2) dans le choix des moyens à employer pour démontrer la rotation de la Terre — idée déjà exprimée antérieurement par Combes (3) et Perrot (4), est que des courants liquides, ayant des directions passant par un même point (directions *radiales*, mouvements *centripètes* ou *centrifuges*), ne peuvent, grâce à la rotation de la Terre, conserver des trajectoires rigoureusement rectilignes, mais au contraire — conformément à une loi qui n'est autre que le principe bien connu sous le nom de *loi des aires* — doivent être déviés par cette rotation. Dans le cas du mouvement centripète, une molécule liquide possèdera, au lieu d'un mouvement rectiligne et purement

(1) Nous ne décrirons pas ici l'ingénieux *gyrocompas* d'Anschütz-Kämpfe; cet appareil, bien que démontrant, par son fonctionnement, la rotation terrestre, n'est pas construit dans ce but, mais bien pour remplacer, à bord des navires, la boussole magnétique. Cf. Anschütz-Kämpfe, *Der Kreisel als Richtungswesen auf der Erde...* (JAHRBUCH DER SCHIFFBAUTECHNISCHEN GESELLSCHAFT, 1909, pp. 352 seq.); Klein et Sommerfeld, *op. cit.*, 4e fasc., 1910, ch. IX, § 7, pp. 845-863; E.-W. Bogaert, *op. cit.*, ch. III, § IV, nos 55-57, pp. 154-164, etc. Voyez aussi les travaux de Sperry, Martienssen, Schuler, etc.

(2) O. Turmlirz, *Ein neuer physikalischer Beweis für die Achsendrehung der Erde* [SITZUNGSBERICHTE DER KAIS. AKAD. DER WISS. (sc. math. et phys.), Vienne, t. CXVII, § II, 2e fasc., juin 1908, pp. 819-841]; J.-G. Hagen, *op. cit.*, 4e partie, ch. III, pp. 104-111, etc.

(3) *Observations au sujet de la communication de M. Perrot...* (COMPTES RENDUS AC. SC., Paris, t. XLIX, 1859, pp. 775-780).

(4) *Nouvelle expérience pour rendre manifeste le mouvement de rotation de la Terre* (IBIDEM, pp. 637-638). Cf. aussi même publication, t. LIV, 1862, pp. 728-729.

radial, un mouvement curviligne et sa trajectoire sera incurvée dans le sens même de la rotation terrestre ; dans le cas du mouvement centrifuge, la courbure de la trajectoire se fera en sens inverse.

Les expériences de ce genre, antérieures à celles de Turmlirz, ne sont que de simples essais. La théorie, à peine ébauchée, de Combes n'a jamais reçu d'application, pas même de son auteur ; quant aux tentatives de Perrot, elles sont rudimentaires et nous ne sommes renseignés ni sur les difficultés mécaniques, que le physicien a dû surmonter, ni sur la nature des influences perturbatrices contre lesquelles il a eu à se protéger, ni enfin sur la valeur de la déviation observée. Ce n'est que cinquante ans après ces essais, que Turmlirz a imaginé ses expériences, apparemment sans avoir eu connaissance de ces essais. Les expériences ont été exécutées dans les caves de l'Institut géographique militaire de Vienne.

L'appareil employé consiste (fig. 2) en un vase cylindrique ABCD, d'un mètre soixante de diamètre ; le

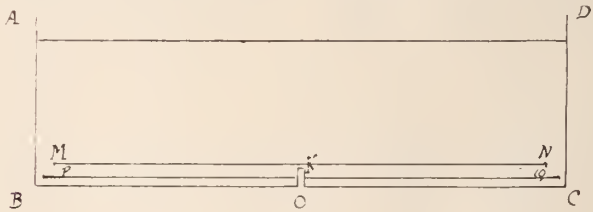


Fig. 2

fond BC est percé, en son centre d'un orifice O, dans lequel est engagée l'extrémité inférieure d'un petit tube vertical OK. Ce tube est fermé à sa partie supérieure ; mais sa surface latérale est percée de petits trous. Initialement le vase est rempli d'un liquide, par exemple d'eau, et ce vase se vide peu à peu, mais très lentement, par suite de l'écoulement

de l'eau par ces petites ouvertures. Il est essentiel, — pour pouvoir appliquer la théorie qui va suivre, — que les courants liquides soient parfaitement horizontaux. Pour cela les parois latérales du tube sont *seules* percées de trous ; de plus, avant d'atteindre le tube, l'eau est forcée de passer entre deux disques circulaires MN, PQ en verre, horizontaux, distants seulement de cinq centimètres, l'inférieur étant très proche du fond BC ; le diamètre du disque supérieur MN est d'un mètre quarante, et celui du disque inférieur PQ d'un mètre cinquante-quatre. Les ouvertures de la crépine K sont évidemment toutes comprises dans l'intervalle existant entre les disques. En pénétrant dans l'espace séparant ces disques, l'eau passe sur des petits godets remplis de violet de méthyle ; des filets colorés apparaissent alors bien visibles, quoique leur vitesse radiale n'atteigne qu'un millimètre par seconde (1). De minutieuses précautions doivent être prises pour empêcher la formation de courants accidentels pouvant induire en erreur. Lors du remplissage du réservoir, on fait arriver l'eau dans une direction rigoureusement verticale ; avant de laisser l'écoulement se produire, on égalise la température dans toute la masse de manière à éviter les courants de convection. Enfin durant l'expérience on contraint le liquide d'arriver sur les disques de verre horizontaux dans une direction parfaitement verticale ; dans ce but on pose sur le disque supérieur un cylindre vertical percé sur son pourtour de petites ouvertures et on fixe à la cloison du vase des lames verticales.

Pour faciliter l'étude analytique, Turmlirz fait les hypothèses suivantes qui, grâce aux précautions qu'il prend et aux dispositifs qu'il imagine, sont très admis-

(1) Exactement de 1,11 mm/sec. Après vingt-quatre heures, le niveau du réservoir n'a baissé que de 17,5 cm. ! — La description que nous donnons ici est empruntée en bonne partie à l'Ouvrage du P. Hagen.

sibles, au moins en première approximation. Il suppose qu'on peut négliger le frottement des molécules liquides les unes sur les autres et de ces molécules sur les parois, qu'on peut considérer ces molécules comme réparties symétriquement autour de l'axe du vase, enfin que les courants liquides ont atteint un état stationnaire et sont rigoureusement horizontaux. Mais — même avec ces hypothèses grandement simplificatrices — il n'est guère possible de donner une théorie *élémentaire* quelque peu rigoureuse. Nous nous risquerons cependant à faire quelques remarques dans le but de faire saisir, au moins en gros, le mécanisme du phénomène que l'on observe. Pour simplifier, nous supposerons d'abord que l'expérience soit exécutée en l'un des pôles, par exemple au pôle Nord.

Considérons en particulier une molécule liquide M, de masse unitaire, se trouvant entre les disques horizontaux. Sur cette molécule agissent diverses forces qui produisent ou influencent son mouvement (1), mouvement que nous supposons horizontal. Joignons le centre M de cette molécule au centre O' du vase (2) par une droite, que nous nommons *rayon vecteur ;* désignons la mesure de la distance O'M par r. Prenons deux systèmes d'axes rectangulaires de référence : l'un (système d'axes absolus) ayant son axe O'z dirigé suivant la verticale O'P (c'est aussi l'axe de rotation de la Terre), et ses axes O'x, O'y dirigés, dans le plan horizontal du pôle, vers des étoiles bien déterminées ; l'autre système ayant son axe O'z' dirigé suivant

(1) On sait qu'on peut, par la pensée, isoler une telle molécule de celles qui l'entourent et lui appliquer les règles ordinaires de la Dynamique, si, à côté des forces individuelles, on a soin de faire intervenir une force supplémentaire égale au quotient par la densité d'une grandeur orientée (gradient, changé de signe) dépendant de la pression hydraulique.

(2) Ou plutôt centre de la section circulaire du tube central, découpée par le plan horizontal dans lequel se meut la molécule ; ou encore intersection de ce dernier plan avec la verticale OO', axe de symétrie du vase cylindrique.

$O'z \equiv OP$, ses axes $O'x'$, $O'y'$ encore situés dans le plan horizontal du pôle, mais cette fois invariablement liés à la Terre et se mouvant avec elle, vis-à-vis des étoiles, dans sa rotation diurne. Si toutes les forces agissant sur la molécule M ont une résultante dont la direction rencontre constamment la verticale $OO'zz'P$ — ce qui sera toujours le cas ici — le rayon vecteur $O'M$ doit balayer dans le plan horizontal $xO'y$, fixe par rapport aux étoiles, une aire dont la mesure est proportionnelle au temps écoulé (depuis une époque arbitraire choisie comme instant initial). Ceci est le théorème — bien connu même des « profanes » — nommé *loi des aires* ; il est une conséquence directe des principes fondamentaux. Le coefficient de proportionnalité — c'est-à-dire le taux (constant) de variation de cette aire avec le temps — est égal à la moitié du *moment*, par rapport à la verticale $OO'P$, de la vitesse initiale de M (1), c'est-à-dire, à la moitié du produit (constant) du *module* de cette vitesse par la mesure de la distance du support de cette vitesse au centre O', ou encore à la moitié du produit de composante azimutale (de circulation) de cette vitesse par r.

Si M n'a pas de vitesse azimutale initiale, ce qui arrive quand, à l'instant originaire, M est en repos complet par rapport aux axes absolus $xO'y$ ou bien ne possède qu'une vitesse *radiale*, dirigée ainsi suivant MO', ce moment est nul et l'aire elle-même est nulle. Autrement dit, dans ce cas le mouvement de M ne peut être que *rectiligne et radial*. Si au contraire à l'instant initial M possède vis-à-vis des axes $O'x$, $O'y$, une vitesse de circulation, le moment n'est plus nul, l'aire croît proportionnellement au temps et le mouvement

(1) Que nous supposons évidemment représentée par un vecteur MV situé dans le plan horizontal $xO'My$.

absolu de M ne peut plus être simplement radial : M doit posséder un mouvement *azimutal*.

Appliquons ces considérations théoriques à l'étude du mouvement de la molécule liquide M. Supposons que M possède initialement, par rapport à la Terre ou aux axes $O'x'$, $O'y'$, une vitesse radiale, par exemple centripète (1), mais pas de vitesse azimutale *relative* : vis-à-vis des axes absolus $O'x$, $O'y$, elle possède alors une vitesse azimutale *absolue*, qui lui est communiquée par la rotation de la Terre et une vitesse radiale *absolue* qui est égale à la vitesse radiale *relative*.

D'après ce que nous venons de dire, le rayon vecteur O'M doit balayer, dans le plan « absolu » $xO'y$, une aire proportionnelle au temps ; et, comme nous supposons que la mesure r de ce rayon diminue (mouvement centripète), nous voyons que la vitesse angulaire *absolue* de O'M autour de O' doit augmenter, pour que le taux de variation de l'aire avec le temps puisse rester constant. Analytiquement ce raisonnement se traduit par les formules suivantes. Soient ω_0 la vitesse angulaire de rotation de la Terre vis-à-vis du solide stellaire et aussi la vitesse angulaire azimutale initiale (absolue) de M ; r_0 la valeur initiale de r, r_1 sa valeur après l'intervalle de temps t ; ω_1 la vitesse angulaire azimutale (absolue) de M après ce même intervalle t ; v_0 la vitesse linéaire azimutale initiale (absolue) de M, v_1 la même vitesse après le temps t. Le théorème des aires s'exprime par

$$v_0 r_0 = v_1 r_1$$

ou, comme

$$v_0 = \omega_0 r_0, \; v_1 = \omega_1 r_1,$$

$$\omega_0 r_0^2 = \omega_1 r_1^2$$

(1) Dans les expériences de Turmlirz, cette vitesse est produite par l'écoulement du liquide au travers du petit tube KO.

d'où

$$\omega_1 = \omega_0 \frac{r_0^2}{r_1^2} \qquad (1)$$

Comme nous avons supposé $r_0 > r_1$, nous trouvons cette conclusion que ω_1 doit être plus grande que ω_0 : ainsi la vitesse angulaire azimutale (absolue) du rayon O'M est plus grande à la fin de l'intervalle de temps considéré qu'à son commencement.

Mais ce qui est important pour nous, qui nous mouvons avec la Terre, c'est beaucoup moins la vitesse azimutale vis-à-vis des étoiles que la vitesse azimutale *relative* vis-à-vis de notre globe. Soit ψ l'azimut *relatif* y'O'M (1) : la vitesse azimutale relative $\omega \equiv \frac{d\psi}{dt}$ au bout du temps t, s'obtiendra évidemment en retranchant de la vitesse azimutale absolue (au bout de ce temps) ω_1 la vitesse d'entraînement ω_0 de la Terre :

$$\omega \equiv \frac{d\psi}{dt} = \omega_1 - \omega_0 = \omega_0 \left(\frac{r_0^2}{r_1^2} - 1\right) \qquad (2)$$

Comme $r_0 > r_1$, $\frac{d\psi}{dt}$ est *positive*, ce qui veut dire que la molécule liquide M n'a pas un mouvement *(relatif)* rectiligne et purement radial, mais possède en plus, vis-à-vis de la Terre et du vase, un mouvement de circulation azimutale autour de O', de même sens que celui de la Terre autour de son axe, c'est-à-dire, si le vase est au pôle Nord, de la droite vers la gauche (pour un observateur couché le long de l'axe terrestre les pieds en O', la tête vers les z positifs).

Il n'est pas difficile de montrer que, si le vase ne se trouve pas au pôle, mais en un lieu de latitude φ, la

(1) Comme nous supposons adoptée, pour l'orientation des trièdres, la « convention à gauche », l'angle $\psi = y'$O'M est compté positivement dans le sens inverse de celui du mouvement des aiguilles d'une montre.

formule (2) ci-dessus, subsiste pourvu que l'on y remplace ω_0 par $\omega_1 \sin \varphi$.

On voit maintenant comment la rotation terrestre peut être mise en évidence par l'expérience des courants liquides de Turmlirz. En effet si la Terre ne tournait pas par rapport aux axes absolus (c'est-à-dire si ceux-ci n'étaient pas invariablement liés au solide stellaire mais bien à la Terre), chaque molécule liquide devrait avoir un mouvement purement rectiligne et radial ; au contraire comme la Terre tourne vis-à-vis des axes absolus, ce mouvement ne peut plus être simplement radial, mais les trajectoires doivent s'incurver dans un sens ou dans l'autre.

Reste à comparer la courbure observée à la courbure

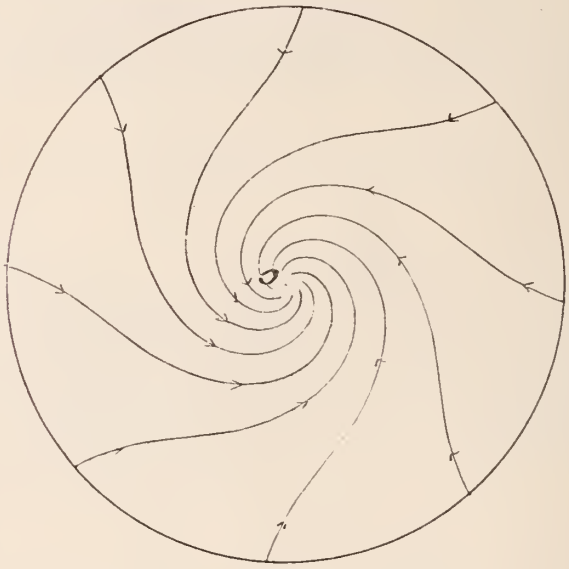


Fig. 3

calculée. La fig. 3 montre les trajectoires que devaient suivre, d'après la théorie de Turmlirz, les molécules liquides dans ses expériences, en admettant que les

axes absolus fussent invariablement liés au solide stellaire. Voyons maintenant ce que les expériences ont permis d'enregistrer. Turmlirz a procédé à six essais. Pour enregistrer les résultats, il s'est servi de la photographie : un appareil photographique était fixé au plafond de la salle, au-dessus du vase. Le dessin ci-dessous (pl. I, fig. 4) est la reproduction d'une des photographies : ce dessin montre que la déviation angulaire des courants liquides centripètes s'est faite dans le sens voulu par la théorie (cf. fig. 3). Néanmoins cette déviation est notablement plus faible que dans le graphique théorique : ce qui n'est nullement surprenant, vu les hypothèses simplificatrices que nous avons adoptée au début des raisonnements. Mais ce qui est plus grave, c'est l'anomalie qui se manifeste, dans la fig. 4 (1), pour le quadrant I. Tandis que dans les quadrants II, III, IV la direction des filets colorés se fait dans le sens voulu par la théorie, dans le quadrant I elle se fait dans le sens contraire. Turmlirz lui-même n'a pu donner de cette anomalie une explication complètement satisfaisante. On peut donc difficilement attribuer à l'expérience du professeur viennois une valeur quantitative ; et même la valeur purement qualitative peut être contestée, au moins tant que l'on n'aura pu se rendre compte, d'une façon certaine, de la vraie cause de l'anomalie constatée (2).

VI

Le R. P. J.-G. Hagen, S. J., directeur de l'Observatoire du Vatican, a imaginé de nouveaux appareils : l'*isotoméographe* (3), la *poulie suspendue* et, avec

(1) Cette anomalie se présente, paraît-il, dans tous les clichés de Turmlirz.
(2) Cf. Hagen, *op. cit.*, 4me Partie, ch. III, § 7*b*, p. 111.
(3) Le nom d'*isotoméographe* a été proposé par M. Cyp. Stephanos, recteur de l'Université Nationale d'Athènes, pour l'appareil qui lui a été décrit par

F. Manucci, assistant à son Observatoire, la *poulie fixe* (1).

L'isotoméographe a été établi dans la Tour ronde de Léon IV (Tour Léonine), située à l'angle Sud-Ouest du Vatican. L'instrument a été construit sur trois modèles (2) : Un premier pour de simples essais qualitatifs ; un deuxième que nous étudierons en détail et qui a permis des recherches quantitatives ; enfin un troisième, modifié d'après une indication (d'ailleurs pas énoncée d'une façon exacte) fournie par de Tessan (3), qui n'a pas donné complète satisfaction et que nous ne décrirons pas plus que le premier.

Voici une brève description de l'isotoméographe du deuxième type au moyen duquel le R. P. Hagen a obtenu ses brillants résultats.

L'armature, presque entièrement en bois, se compose d'une poutre horizontale AA'B' (pl. I, fig. 5) d'une longueur de près de neuf mètres, au milieu de laquelle s'élève un montant vertical CD. De l'extrémité supérieure D de ce montant partent des tirants de fer T, T' reliant cette extrémité à celles B, B' de la poutre horizontale : en sorte que la charpente ainsi réalisée présente à peu près l'aspect d'une ferme de toiture. Cette charpente est suspendue au plafond de la salle par un double fil *f*, *f'* d'acier, de sept mètres de longueur. L'armature seule pèse environ quatre-vingt cinq kilo-

l'auteur et dont le mouvement devait être basé sur le principe de la constance des aires (pour des durées égales), ou plutôt de la proportionnalité des aires aux temps (il fait dériver ce nom de deux mots ἴσος = égal et τομεύς = secteur) Il a proposé aussi le nom d'*instrument équiarolèaire*.

(1) Comme on le verra plus loin, la poulie, dans les deux derniers instruments, ne joue toutefois qu'un rôle secondaire.

(2) Cf. Hagen, *op. cit.*, 5me partie, litt. B-C. pp. 114-117, et App. II, 1re partie, ch. VI, n° 13, pp. 26-27.

(3) *Sur une manière dont on pourrait varier l'expérience par laquelle M. Foucault rend sensible aux yeux le mouvement de rotation de la Terre* (Comptes rendus Ac. Sc., Paris, t. XXXII, 1851, pp. 504-505). Cf. Hagen, *op. cit.*, 4me partie, ch. I, pp. 99-100.

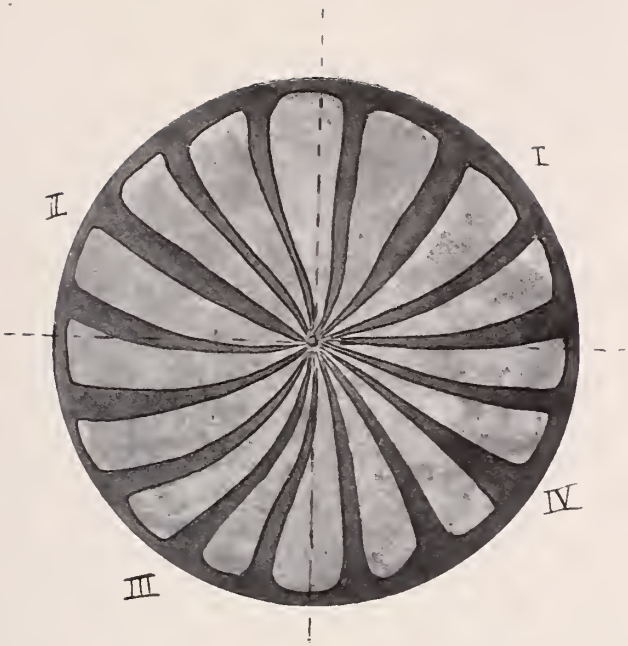


Fig. 4

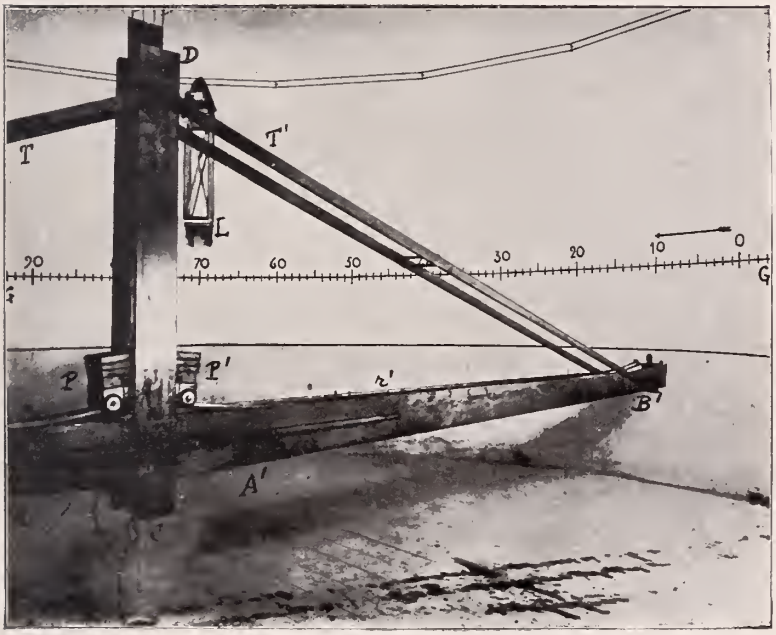


Fig. 5. — isotoméographie

grammes. — Sur les deux moitiés AB, A'B' de la poutre horizontale sont disposés des rails r, r' en laiton sur lesquels sont engagées les roulettes de deux petits chariots P, P' portant eux-mêmes des charges massives de plomb. Le poids des masses mobiles (chariots et charges) atteint à peu près cent soixante-cinq kilogrammes. Les chariots peuvent parcourir respectivement chacun des trajets correspondant aux moitiés de la poutre. Des cordes attachées aux extrémités de chaque chariot permettent, par l'intermédiaire d'un double ou quadruple train de poulies, à un système baromoteur de déplacer *simultanément* les deux chariots de façon qu'ils occupent toujours des positions symétriques par rapport au montant vertical CD et ainsi ne communiquent pas de mouvement oscillatoire (dans un plan vertical) à l'armature. Le système baromoteur dont nous venons de parler est simplement constitué par un poids, à course verticale, qui est abandonné à l'action de la pesanteur par la fusion d'un fil de cuivre mince, traversé par un courant électrique (après la fermeture d'un interrupteur). Ce poids (non visible sur la fig. 5), grâce au jeu de deux ou quatre poulies, peut à volonté déplacer les chariots des extrémités B, B' des bras de la poutre au centre (A, A') de celle-ci ou inversement de ce centre aux extrémités (déplacement *centripète* ou *centrifuge* des masses mobiles). La planche I montre les chariots dans les positions les plus voisines du centre de la poutre. — Le montant vertical CD porte un petit miroir cylindrique concave qui, après avoir reçu un faisceau de lumière de la lanterne L, le réfléchit sur le mur en un trait lumineux ; ce trait, dans la rotation de l'armature autour de la verticale, parcourt les divisions d'une circonférence graduée GG', peinte sur les parois de la chambre circulaire.

L'isotoméographe réalise ce qu'on peut appeler un

pendule de torsion à axe vertical et à moment d'inertie variable.

Voici comment l'on procède pour l'expérience. On note la position, sur l'échelle graduée, qu'occupe le trait lumineux lorsque l'appareil est au repos. Ensuite on provoque le déplacement, par exemple centripète, des chariots en déclanchant, par la fermeture d'un circuit électrique, le baromoteur dont il a été question ci-dessus ; ce déplacement s'effectue en six secondes, mais peut pratiquement être considéré comme instantané. A partir du moment où les chariots se trouvent en A, A', près du montant axial CD, l'armature se met à tourner lentement de droite à gauche (1) et continuerait à tourner indéfiniment dans ce sens si la suspension bifilaire n'offrait pas de réaction antagoniste de torsion ; en fait l'armature, après s'être légèrement écartée vers la gauche, revient vers sa position d'équilibre, la dépasse et s'en écarte vers la droite, puis revient vers sa position d'équilibre, etc., en un mot elle exécute, autour de cette position d'équilibre, une série d'oscillations pendulaires (dans un plan horizontal), dont on note les amplitudes ; ces amplitudes vont évidemment en diminuant, puisque les oscillations sont amorties (grâce aux résistances passives de la suspension et au frottement contre l'air).

Le principe sur lequel est basée la méthode de l'isotoméographe est au fond peu différent de celui utilisé dans la méthode de Turmlirz. La « loi des aires » donne la vitesse de rotation initiale (après le déplacement des masses) de l'armature autour de la verticale ; mais comme il existe un couple effectif (2) antagoniste de ce

(1) Pour un observateur couché le long de l'axe vertical de l'instrument, la tête vers le zénith, les yeux fixés sur l'une des extrémités B, B' des bras.

(2) Savoir le couple de réaction de torsion de la suspension bifilaire. Ce couple a, par l'hypothèse, un « moment résultant par rapport à la verticale CD » différent de zéro.

mouvement, c'est un principe plus général (théorème dit « des moments des quantités de mouvement ») qui nous apprendra la loi des oscillations pendulaires de l'appareil autour de la verticale.

Il est bien clair d'abord que si la Terre et l'isotoméographe ne possédaient pas de rotation vis-à-vis des axes absolus, l'isotoméographe conserverait sa position d'équilibre après le déplacement des chariots. Au contraire, avec la rotation terrestre, il ne peut plus en être ainsi : et la théorie que nous allons esquisser, aussi bien que le mode expérimental que nous venons de décrire, nous le prouve clairement.

Pour plus de commodité, supposons encore, tout d'abord, l'appareil installé au pôle Nord, et reprenons les deux systèmes d'axes $Oxyz$, $Ox'y'z'$, dont il a été question au paragraphe précédent (1). Soient : ψ l'angle azimutal $y'OB'$ que l'axe du bras OA'B' de la poutre horizontale fait avec l'axe Oy', fixe par rapport à la Terre, que nous pouvons supposer coïncider avec la position d'équilibre du bras; ω_0 la vitesse angulaire constante de la rotation terrestre vis-à-vis du solide stellaire; ω_1 la vitesse angulaire que possède, vis-à-vis des axes absolus $Oxyz$ (fixes par rapport au solide stellaire), l'armature à l'instant qui suit le déplacement des chariots. Si I_0 désigne le « moment d'inertie » (2) de l'ensemble (armature et masses mobiles), par rapport à la verticale (qui est aussi l'axe de rotation terrestre $Oz \equiv Oz'$), *avant* le déplacement des chariots et I_1 le moment d'inertie de l'ensemble *après*

(1) O est supposé être le pôle Nord terrestre et en même temps un point quelconque (par exemple son intersection avec le sol) de la verticale OCD (axe de rotation de l'instrument).

(2) C'est-à-dire la somme des produits Σmr^2 des masses des différentes molécules par le carré de leurs distances à l'axe vertical $OCDzz'$.

le déplacement des chariots, le théorème des aires se traduira ici par l'égalité (1)

$$I_0\omega_0 = I_1\omega_1,$$

d'où

$$\omega_1 = \frac{I_0}{I_1}\,\omega_0. \qquad (1)$$

Comme, pour fixer les idées, nous avons supposé le déplacement centripète, I_0 est supérieur à I_1 (2) et, par suite, ω_1 est plus grande que ω_0.

Encore un coup, c'est la vitesse angulaire *relative à la Terre*, qui nous intéresse ici et non la vitesse absolue; cette vitesse relative est évidemment

$$\omega \equiv \left(\frac{d\psi}{dt}\right)_1 = \omega_1 - \omega_0 = \left(\frac{I_0}{I_1} - 1\right)\omega_0. \qquad (2)$$

Si, au lieu d'être situé au pôle Nord, l'appareil se trouve en un endroit de latitude quelconque φ, ω_0 devra être remplacé par $\omega_0 \sin\varphi$ et l'on aura

$$\omega \equiv \left(\frac{d\psi}{dt}\right)_1 = \left(\frac{I_0}{I} - 1\right)\omega_0 \sin\varphi. \qquad (2')$$

Jusqu'à présent, la théorie est tout à fait semblable à celle des courants liquides. Mais ce qui suit est nouveau. En effet, comme nous venons de le dire, la rotation relative ω ne perdure pas (dans le même sens), car le couple de réaction de la suspension, que nous supposons, en module, proportionnel à l'angle azimutal d'écartement (3)

(1) Voyez les Traités de Mécanique, par exemple celui de P. Appell, t. II, 2e éd., Paris, 1904, ch. XVIII.

(2) Le moment d'inertie variable est évidemment maximum quand les chariots sont dans la position la plus éloignée de l'axe OCD de l'instrument.

(3) Dans cette expression (3), W désigne le module du couple, k une constante positive. On peut admettre une pareille loi pour la suspension bifilaire en question, si, comme nous le supposons toujours ici, l'angle d'écartement reste petit (grâce à l'intensité de la réaction de torsion).

$$W = -k\psi, \tag{3}$$

s'y oppose, et l'armature prend, en conséquence, un mouvement oscillatoire pendulaire autour de la position d'équilibre Oy'. Il est très important de noter que la rotation terrestre ne joue ici aucun rôle : en d'autres termes, elle ne peut influer sur le mouvement oscillatoire, relatif à la Terre, de l'armature, au moins avec les dimensions et les vitesses angulaires employées. Alors l'équation différentielle du mouvement relatif azimutal de l'appareil est

$$\frac{d^2\psi}{dt^2} + \frac{k}{I_1}\psi = 0, \tag{4}$$

dont la solution (intégrale générale) est

$$\psi = A\cos\sqrt{\frac{k}{I_1}}\,t + B\sin\sqrt{\frac{k}{I_1}}\,t. \tag{5}$$

On détermine les constantes arbitraires A, B par les « conditions initiales », savoir que, pour l'instant initial $t = t_1 = 0$, on doit avoir ψ_1 (écartement initial) $= 0$, $\left(\frac{d\psi}{dt}\right)_1$ (vitesse angul. initiale) $= \left(\frac{I_0}{I_1} - 1\right)\omega_0 \sin\varphi$; on obtient

$$\psi = \sqrt{\frac{I_1}{k}}\left(\frac{I_0}{I_1} - 1\right)\omega_0 \sin\varphi \,.\, \sin\sqrt{\frac{k}{I_1}}\,t; \tag{6}$$

ce qui fournit, pour la *première* élongation maxima (1).

$$\Psi = \sqrt{\frac{I_1}{k}}\left(\frac{I_0}{I_1} - 1\right)\omega_0 \sin\varphi, \tag{7}$$

(1) Que l'on peut considérer comme affectée d'un signe et *positive*. Cette élongation maxima est évidemment obtenue pour l'époque t satisfaisant à $\sqrt{\frac{k}{I_1}}\,t = \frac{\pi}{2}$.

et pour durée d'une oscillation *simple*

$$T_1 = \pi \sqrt{\frac{I_1}{k}}. \tag{8}$$

L'expression (7) peut s'écrire moyennant (8)

$$\Psi = \frac{T_1}{\pi}\left(\frac{I_0}{I_1} - 1\right)\omega_0 \sin \varphi. \tag{9}$$

Au lieu de calculer directement les moments d'inertie I_0, I_1, on peut se borner à mesurer leur rapport, par la méthode classique de Gauss (1) ; ce rapport est égal, comme on sait, à

$$\frac{I_0}{I_1} = \left(\frac{T_0}{T_1}\right)^2, \tag{10}$$

T_0, T_1, désignant les durées d'une petite oscillation *simple* de l'appareil avec les chariots aux positions respectives B, B' et A, A'. Pour mesurer ce rapport dans une expérience préliminaire (2), on fait osciller l'isotoméographe, autour de la verticale, successivement avec le moment d'inertie I_0 et le moment d'inertie I_1, mais dans les deux cas avec le même couple de torsion, et on mesure les durées T_0, T_1 des petites oscillations pendulaires simples. Il est bien clair que la durée T_1 n'est autre que la durée T_1 (8) de l'oscillation obtenue dans l'expérience proprement dite, puisque, pour les petites oscillations, pour lesquelles $W = -k\psi$, la durée est indépendante des conditions initiales.

En substituant la valeur (10) dans l'expression (9), on a finalement

(1) Gauss' *Werke*, t. V, pp. 376-384.

(2) Il faut remarquer que, dans cette expérience préliminaire, aussi bien que dans l'expérience d'oscillation proprement dite, on peut négliger de prendre en considération les forces relatives provenant de la rotation de la Terre.

$$\Psi = \frac{T_1}{\pi}\left(\frac{T_0^2}{T_1^2} - 1\right)\omega_0 \sin\varphi = \frac{\omega_0 \sin\varphi}{\pi}(T_0 - T_1)\left(\frac{T_0}{T_1} + 1\right). \quad (11)$$

Cette formule montre que l'amplitude, correspondant à la *première* élongation maxima, a le même signe (1) que ω_0 ou le signe inverse suivant que $T_0 - T_1$ est positif ou négatif. Ainsi si les chariots occupent primitivement (2) les extrémités B, B' des bras de la poutre, puis sont ramenés au centre, $I_0 > I_1$, $T_0 > T_1$ et Ψ a le même signe que ω_0, c'est-à-dire que l'isotoméographe déviera tout d'abord, autour de la verticale, dans le sens de la rotation terrestre, c'est-à-dire, pour un observateur placé *dans l'hémisphère boréal, vers la gauche* (3). Si, au contraire, au commencement de l'expérience, les masses mobiles se trouvent en A, A', puis sont déplacées vers les extrémités B, B' (déplacement centrifuge), $I_0 < I_1$, $T_0 < T_1$ et Ψ a le signe opposé à celui de ω_0 : la première déviation se fera *vers la droite* de l'observateur de l'hémisphère nord. On remarquera que, dans ce second cas, Ψ est inférieure, en valeur absolue, à la première élongation maxima du premier cas.

Le R. P. Hagen a obtenu d'excellents résultats *qualitatifs* avec un premier appareil non décrit, où le déplacement relatif des masses était réalisé par l'écoulement d'une certaine quantité de mercure du centre vers les extrémités des bras ou inversement (4). Il a obtenu même de bons résultats *quantitatifs* (5) au moyen de l'isotoméographe que nous venons de décrire; au lieu de comparer les oscillations calculées aux oscillations observées, il a préféré calculer la valeur théorique de $\omega_0 \sin\varphi$ pour Rome ($\varphi = 41°54'$), soit

(1) Pour fixer les idées, nous supposons la latitude φ du lieu *boréale (positive*, si l'on veut).

(2) Comme nous l'avons supposé ci-dessus, dans le détail des manipulations.

(3) Dans l'hémisphère austral, la déviation se ferait *vers la droite*.

(4) Cf. Hagen, *op. cit.* 7e partie, ch. I, litt. A, pp. 136-138.

(5) Cf. Hagen, *op. cit.*, 7e partie, ch. I, litt. B, pp. 138-146 et *App. II*, 1e partie, ch. I-V, pp. 9-25.

$$\omega_0 \sin \varphi = + 0^\circ, 1670 \text{ par minute de temps sidéral}$$

et la comparer aux valeurs de la même vitesse angulaire déduites, au moyen de (11), de ses observations. Il a tenté tout d'abord (du 25 mars au 12 juillet 1910) vingt essais, dix avec première déviation à droite, dix avec première déviation à gauche. Dans le tableau qui suit (1) et qui résume les résultats de ces essais, M désigne le quotient de π par $(T_0 - T_1)\left(\frac{T_0}{T_1} + 1\right)$: $\omega_0 \sin \varphi$ a alors pour valeur

$$\omega_0 \sin \varphi = \Psi M.$$

ROME ($\varphi = 41^\circ 54'$)

Déplacement centripète ; première déviation à droite.				Déplacement centrifuge ; première déviation à gauche.			
Numéro de l'expérience	M en min^{-1}	Ψ en degrés	$\omega_0 \sin \varphi$ en degrés par minut.	Numéro de l'expérience	M en min^{-1}	Ψ en degrés	$\omega_0 \sin \varphi$ en degrés par minut.
II	+ 0,359	+ 0,3925	+ 0,141	I	— 0,954	— 0,1800	+ 0,172
IV	+ 0,359	+ 0,4325	+ 0,155	III	— 1,098	— 0,1750	+ 0,192
VI	+ 0,359	+ 0.3925	+ 0,141	V	— 0,954	— 0,2250	+ 0,215
VIII	+ 0,359	+ 0,4550	+ 0,163	VII	— 0,954	— 0,1600	+ 0,153
X	+ 0,343	+ 0,4925	+ 0,169	IX	— 0,954	— 0.1350	+ 0,129
XII	+ 0,343	+ 0,4675	+ 0,160	XI	— 0,929	— 0,1825	+ 0,170
XIV	+ 0,343	+ 0,4525	+ 0.155	XIII	— 0,929	— 0,2125	+ 0,197
XVI	+ 0,343	+ 0,3900	+ 0,134	XV	— 0,929	— 0,2075	+ 0,193
XVIII	+ 0,343	+ 0,4700	+ 0,161	XVII	— 0,929	— 0,2075	+ 0,193
XX	+ 0,343	+ 0,4775	+ 0,164	XIX	— 0,929	— 0,2075	+ 0,193
		Moyenne :	+ 0,154			Moyenne :	+ 0,181

Moyenne générale $\frac{1}{2}(0^\circ,154 + 0^\circ,181) = 0^\circ,167$ par minute.

(1) Ibidem, pp. 145-146.

Les valeurs trouvées pour $\omega_0 \sin \varphi$ paraissent montrer une différence systématique dans les deux cas où elles sont déduites respectivement d'amplitudes positives et d'amplitudes négatives ; cela peut être dû à ce que la balance de torsion, constituée par l'isotoméographe, ait plus de facilité à tourner dans un sens que dans l'autre. Le résultat déduit des vingt expériences faites est d'accord avec la valeur théorique. Cependant nous devons convenir que la concordance parfaite de la troisième décimale peut être considérée comme purement accidentelle : l'écart entre les résultats des expériences V et XVI nous oblige à le déclarer.

Du 25 novembre 1911 au 16 février 1912, le R. P. Hagen refit quarante nouvelles expériences, vingt pour chaque sens (1). Dans chacune des deux séries il conserva M constant et se borna à calculer $\omega_0 \sin \varphi$ pour la moyenne des vingt résultats (voir tableau de la page suivante).

Nous trouvons alors, avec le P. Hagen, pour valeur de $\omega_0 \sin \varphi$:

$\omega_0 \sin \varphi = 0.1556$ degré par minute (dépl. centrip.)
et $\omega_0 \sin \varphi = 0,1944$ degré par minute (dépl. centrif.).

Par compensation graphique (pour éliminer les erreurs systématiques) le P. Hagen obtient finalement

$$\omega_0 \sin \varphi = 0^\circ,168 \text{ par minute}$$

avec $\pm$ 0,006 d'erreur probable ; la théorie indiquait $0^\circ,167$ par minute. L'écart n'est donc que d'un millième de degré par minute.

Au point de vue quantitatif, ces résultats ont une très grande valeur ; néanmoins le P. Hagen ne s'en déclare pas satisfait et ne les considère nullement

(1) Cf. Hagen, *op. cit.*, *App. II*, 1re partie, ch. I-V, pp. 10-25 ; spéc. pp. 17-20.

ROME ($\varphi = 41°54'$)

Déplacement centripète ; première déviation à droite. M = + 0,3443 min.$^{-1}$ (avec ± 0,0023 min.$^{-1}$ d'erreur prob.)				Déplacement centrifuge ; première déviation à gauche. M = − 0,9339 min.$^{-1}$ (avec ± 0,0127 min.$^{-1}$ d'erreur prob.)			
Numéro de l'expérience	ψ en degrés	Numéro de l'expérience	ψ en degrés	Numéro de l'expérience	ψ en degrés	Numéro de l'expérience	ψ en degrés
I	+ 0,445	XI	+ 0,426	I	− 0,223	XI	− 0,222
II	+ 0,447	XII	+ 0,438	II	− 0,235	XII	− 0,210
III	+ 0,371	XIII	+ 0,407	III	− 0,079	XIII	− 0,207
IV	+ 0,408	XIV	+ 0,481	IV	− 0,220	XIV	− 0,158
V	+ 0,447	XV	+ 0,412	V	− 0,235	XV	− 0,214
VI	+ 0,475	XVI	+ 0,467	VI	− 0,226	XVI	− 0,199
VII	+ 0,459	XVII	+ 0,471	VII	− 0,236	XVII	− 0,174
VIII	+ 0,424	XXIII	+ 0,488	VIII	− 0,222	XVIII	− 0,190
IX	+ 0,431	XIX	+ 0,483	IX	− 0,244	XIX	− 0,242
X	+ 0,516	XX	+ 0,546	X	− 0,203	XX	− 0,226
Moyenne : + 0,4521 ± 0,0062 d'erreur probable				Moyenne : − 0,2082 ± 0,0057 d'erreur probable			

comme apportant une preuve « de précision ». Il a du reste indiqué (1) dans quelles directions on devrait chercher des perfectionnements à sa méthode.

VII

Le R. P. Hagen a imaginé aussi un appareil d'un autre type, qu'il appelle *poulie suspendue*. Le mécanisme de cet appareil est assez semblable à celui du précédent, bien que l'apparence en soit très différente ;

(1) Ibidem, ch. VI, pp. 25-28.

d'ailleurs sa théorie est plus simple. Il s'agit toujours d'un pendule de torsion à axe vertical, la poulie — en tant que poulie — ne jouant elle-même qu'un rôle très secondaire ; mais il n'est plus question d'oscillations à mesurer : ce sont les positions d'équilibre qui doivent être déterminées.

Supposons qu'aux extrémités des deux brins, *très inégaux*, d'un câble suffisamment long, passant sur la gorge d'une poulie, soient suspendus deux poids à peu près égaux, choisis de façon que l'équilibre soit établi, c'est-à-dire que la poulie ne tourne pas autour de son axe proprement dit (1). La poulie elle-même, ou plutôt la fourche qui porte son axe est suspendue à deux fils métalliques formant suspension bifilaire et offrant ainsi une réaction de torsion : ces fils eux-mêmes ayant leurs extrémités supérieures fixées à une poutre.

Maintenant on sait qu'un poids, situé en un lieu géographique autre que les pôles, n'est pas seulement soumis à l'attraction terrestre, mais encore — en vertu de la rotation de la Terre vis-à-vis des axes absolus — à une réaction centrifuge dirigée dans le méridien du lieu, normale à l'axe terrestre et dont l'intensité croît avec la distance du poids à ce dernier axe. Eh bien le but qu'a poursuivi le P. Hagen en utilisant la poulie suspendue est de montrer l'existence de cette réaction et par conséquent celle de la rotation de la Terre, et cela en rendant manifeste cette réaction par un procédé différentiel. Deux poids, de masses supposées égales, suspendus à des hauteurs (donc à des distances de l'axe terrestre) inégales, ont des réactions centrifuges inégales. Le poids le plus élevé possède une réaction centrifuge plus grande que l'autre ; si ces deux réactions centrifuges inégales agissent sur les bras égaux et opposés d'un pendule de torsion à axe verti-

(1) Que nous supposons horizontal.

cal (tel que la poulie dont nous venons de parler), indépendamment de la poussée qui se produira sur cet axe, naît un couple de forces qui tend à faire tourner le pendule autour de la verticale, au moins si les bras rectilignes du pendule ne se trouvent pas initialement dans le méridien. Toutefois la réaction de torsion des fils de suspension offre un couple antagoniste du premier, si bien que le mouvement de rotation du pendule autour de la verticale ne peut perdurer, et ce pendule prend une position d'équilibre intermédiaire entre le méridien et le premier vertical, comme le fait le gyroscope de Föppl (1).

La poulie suspendue qu'utilise le P. Hagen est installée dans la cage de l'escalier triangulaire de l'*edificio di Bramante*, situé dans le jardin *della Pigna* du Vatican (2). La poulie P (pl. II, fig. 6) a un diamètre de vingt centimètres et une épaisseur d'un centimètre ; son armature est en aluminium. Les deux poids (dont l'un est vu en *p* sur la fig. 6) sont cylindriques et terminés à leurs extrémités par de petits cônes ; ils sont en plomb, ont un diamètre de dix centimètres, une longueur d'un mètre et pèsent chacun à peu près quatre-vingts kilogrammes. Le câble qui les porte est en bronze et a un demi-centimètre de diamètre. La distance verticale maxima entre les poids est, au moins dans les dernières expériences, de vingt-trois mètres environ : lorsque les poids ont cette distance entre eux, il est nécessaire, pour maintenir l'équilibre du système de surcharger le poids le plus élevé d'une masse additionnelle de deux kilogrammes environ. La suspension bifilaire de la poulie est réalisée par un double fil d'acier *f*, *f'* de neuf mètres quarante, dont les extrémités supérieures passent sur une autre poulie, plus

(1) Cf. Hagen, *op. cit.*, 6me partie, ch. III, pp. 129-134.
(2) Ibidem, 5me partie, ch. II, pp. 117-120.

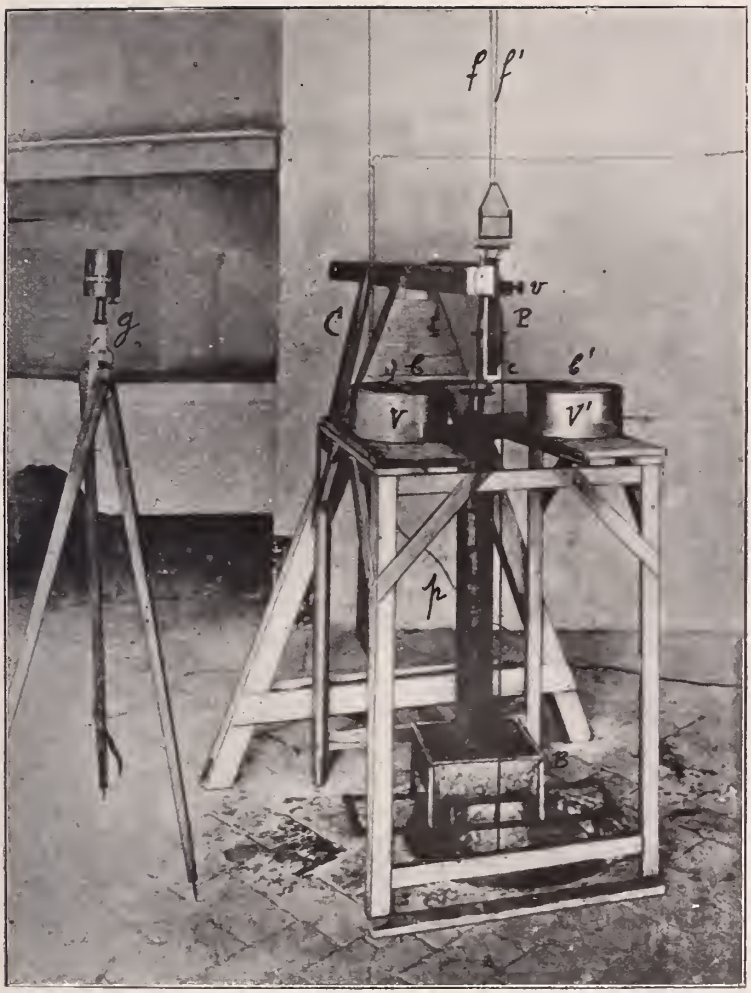


Fig. 6. — POULIE SUSPENDUE

petite, fixée elle-même au plafond. L'amortissement des oscillations autour de la verticale se fait de triple façon : le poids inférieur plonge dans un bassin où se trouve une certaine quantité d'eau recouverte d'une couche d'huile de ricin ; le poids supérieur *p* plonge, par sa partie inférieure, dans un bassin B plein de cette même huile ; enfin au-dessous du petit cadre *c* portant la poulie, on visse une barre de laiton *bcb'*, terminée à chaque bout par des palettes trempant encore dans de l'huile de ricin, contenue dans les vases V, V' (1). Pour mesurer les déviations, on emploie, non la méthode *objective* de Kelvin, comme dans l'expérience de l'isotoméographe, mais bien la méthode *subjective :* un miroir attaché au cadre de la poulie réfléchit l'image d'une échelle graduée dans le champ d'une lunette-viseur.

Enfin les extrémités inférieures des fils de suspension *f*, *f'* sont attachées, non pas directement à l'armature *c* de la poulie, mais bien à une charnière (2) permettant à cette armature de se déplacer dans le plan des brins du câble : cela est nécessaire pour que l'armature et la poulie puissent, dans ce plan, prendre la position d'équilibre que réclame la position des deux poids. Néanmoins, pendant le déplacement du câble et des poids, il est nécessaire de *caler* le cadre *c* de la poulie, pour éviter les secousses ; c'est pourquoi dans la muraille et le pavement de la salle on encastre fortement un chevalet C, suffisamment rapproché de la poulie, et portant à son extrémité un robuste collier de métal, en forme de fer à cheval, dans lequel le cadre *c* de la poulie peut venir s'enchâsser ; une vis *v*, passant dans ce collier, peut venir buter contre le cadre de manière à le tenir absolument fixe.

Pour l'expérience on place, au moyen d'un gonio-

(1) Cf. Hagen, *op. cit.*, 7me partie, ch. II, p. 156.

(2) Ibidem, 5me partie, ch. II, B, § 5, p. 119 et 7me partie, ch. II, C, § 11, *b*, p. 157.

mètre g à boussole, muni de pinnules et d'une vis micrométrique, le plan médian de la poulie dans le premier vertical, les deux poids se trouvant à la même hauteur. Puis on observe, au moyen de la lunette, quelles sont les déviations angulaires que prend, autour de la verticale, ce plan médian quand l'un des poids, p, par exemple dirigé vers l'Est, est élevé près de la poulie et quand il est abaissé jusqu'à la partie inférieure de la cage d'escalier.

Les résultats (1) que le P. Hagen obtient sont assez surprenants. Alors que la théorie indique (2) pour la double déviation, c'est-à-dire pour l'écart des positions extrêmes, $e = 0{,}20$ millimètres, les résultats donnent comme moyenne $e = 3{,}55 \pm 0{,}90$ millimètres ; c'est-à-dire que la valeur effectivement obtenue est environ vingt fois plus forte que la valeur théorique, et que son erreur probable est presque cinq fois aussi grande. Aussi le P. Hagen se refuse-t-il à voir, dans ses expériences, une preuve même simplement qualitative de la rotation de la Terre. Toutefois ses expériences ne sont pas inutiles : elles prouvent que la force centrifuge terrestre est trop faible pour être décelée par des appareils du genre de la poulie suspendue (3).

VIII

L'application de la « poulie fixe » à l'observation de la déviation orientale des corps en chute a été suggérée au R. P. Hagen par son assistant M. Manucci (4). La méthode basée sur l'emploi de cet instrument a l'incon-

(1) Cf. Hagen, *op. cit.*, 7me partie, ch. II, C-F, pp. 154-167.
(2) Ibidem, B, p 153.
(3) Ibidem, F, p. 166.
(4) Ibidem, *op. cit.*, 7me partie, ch. III, B, pp. 173-174. Le rôle que joue ici la poulie, bien qu'étant déjà plus important que dans l'expérience précédente, n'est encore que secondaire.

vénient de ne pas être *réversible* (1), comme le sont les méthodes de Föppl, de l'isotoméographe et de la poulie suspendue, mais par contre présente de sérieux avantages. Voici d'abord quel est son principe.

Tout le monde connaît la machine d'Atwood, employée dans les laboratoires de physique expérimentale pour la démonstration de la loi de la chute des corps, et tout le monde sait aussi que l'idée ingénieuse qui a présidé à sa construction s'inspire du désir de pouvoir faire varier simultanément — dans la formule $p = mg$, qui exprime la force p de la pesanteur en fonction de la masse m du corps tombant et de l'accélération gravifique g — et indépendamment l'une de l'autre, les deux quantités p et m : en d'autres termes, de diminuer par exemple l'accélération g, en diminuant la force p ou en augmentant la masse m ou en faisant les deux.

De là à se servir de cet appareil pour l'étude de la déviation des corps en chute, sous l'action de la rotation terrestre, il n'y a qu'un pas. En effet la principale difficulté qu'ont rencontrée, dans leurs expériences, Guglielmini, Benzenberg, Reich, Hall etc. réside dans l'intensité trop grande de la vitesse que possède un corps en chute libre, vitesse qui par sa grandeur, à un instant donné, permet difficilement d'estimer le *taux de variation en direction*, par rapport au temps, de cette vitesse, ou, ce qui revient au même, la *déviation*, loin de la verticale, que subit ce corps. Mais si maintenant, par un dispositif analogue à celui d'Atwood, on parvient à ralentir cette chute, l'estimation de la déviation devient plus aisée, et cela d'autant mieux que ce ralentissement diminue considérablement l'effet — nuisible à la précision des observations — de la résistance de l'air. Enfin la trace laissée par le corps en

(1) C'est-à-dire ne permet pas l'*épreuve contraire*.

chute libre sur un bloc de bois dur ou sur un plateau rempli de cire ne peut jamais être observée d'une manière aussi nette et aussi précise que la déviation du fil d'une machine d'Atwood : cette dernière pourra être mesurée avec grande précision au moyen d'une lunette-viseur ou mieux d'un théodolite.

L'appareil construit par le P. Hagen est installé, comme la poulie suspendue, dans la cage de l'escalier triangulaire de l'*edificio di Bramante* (1). On le voit, sur la planche III (fig. 7), disposé en Tp à côté de la poulie suspendue P. L'instrument se compose d'un tube T de laiton, creux, portant une petite poulie p *(poulie fixe)* à sa partie supérieure et fixé lui-même, à son extrémité inférieure, par trois jambes à un chevalet de bois A ; ce chevalet repose sur le pavé d'un palier, qui se trouve à la partie supérieure de l'édifice. La poulie p est en aluminium ; elle a un diamètre de huit centimètres environ et une épaisseur de quelques millimètres : son plan est vertical. Sur la gorge de cette poulie passe une cordelette très fine cc' dont une des extrémités porte un poids A de 51 gr. (masse descendante), l'autre un poids B de 42 gr. (masse ascendante). Le poids total de la cordelette — qui a un peu plus de vingt-trois mètres de longueur — est de cinq grammes. La hauteur de chute est évidemment voisine de vingt-trois mètres. L'accélération gravifique de A, au lieu d'être de 9,81 $^{m}/_{sec^2}$, n'est plus, au maximum, que de $g' = \frac{51 + 42 + 5}{51 - 42} g = 0{,}9\ ^{m}/_{sec^2}$, c'est-à-dire environ onze fois moindre que dans la chute libre. Enfin on a ménagé un dispositif spécial d'amortissement : deux plaques métalliques, respectivement de 112 gr. et 58 gr., sont placées, à des hauteurs différentes, sur le chevalet un peu en dessous de la poulie ;

(1) Cf. Hagen, *op. cit.*, *App. II*, 2me partie, spéc., ch. I, pp. 30-33.

Fig. 7. — POULIE FIXE

lorsque le contrepoids B arrive à la partie supérieure de sa course, il rencontre ces plaques et les enlève successivement, puis force deux ressorts à s'effacer : ces ressorts à leur tour forment cran d'arrêt et empêchent B, chargé des plaques, de redescendre. Le dispositif est vu en *k* sur la fig. 7.

Le plan de la poulie est disposé dans le méridien ; et le théodolite, employé pour la mesure de la déviation du fil, est placé respectivement au Nord et à l'Est pour observer la déviation orientale et, éventuellement, la déviation méridionale du brin portant la masse tombante A ; en face du théodolite et de l'autre côté du fil se trouve un miroir fixe, qui facilite la mesure.

Voici les résultats des expériences du P. Hagen (1) :

Déviation méridionale (2)

Théorique : $x = 0{,}000$ mm. (Expériences du 6 au 22 mai 1912)

Numéro de l'expér.	Dév. Sud en mm.	Numéro de l'expér.	Dév. Sud en mm.	Numéro de l'expér.	Dév. Sud en mm.	Numéro de l'expér.	Dév. Sud en mm.
I	0,00	VII	− 0,32	XIII	− 0,14	XIX	− 0,08
II	+ 0,03	VIII	+ 0,12	XIV	− 0,05	XX	+ 0,15
III	+ 0,58	IX	− 0,14	XV	− 0,19	XXI	+ 0,08
IV	+ 0,03	X	+ 0,20	XVI	− 0,08	XXII	− 0,03
V	+ 0,32	XI	− 0,07	XVII	− 0,03		
VI	− 0,02	XII	− 0,17	XVIII	+ 0,02		

La moyenne est $x = +0.010$ mm., avec une erreur probable de 0,027 mm. Comme l'erreur probable est

(1) Cf. Hagen, *op cit.*, *App. II*, ch. II, § 6, pp. 35-38.

(2) Cette déviation, bien que devant théoriquement exister, doit être moindre, pour une hauteur de 23 mètres, que toute grandeur mesurable. [Cf. Hagen, *op. cit.*, 1re partie, ch. III, pp. 39-40 et *App. II*, 2e partie, ch. III, p. 43].

près de trois fois aussi forte que la quantité à observer, nous pouvons conclure que la méthode de la « poulie fixe » n'a indiqué aucune déviation des corps en chute vers le Sud, ce qui est conforme au résultat de la théorie.

Déviation orientale

Théorique : $x = +0{,}889$ mm. (Exp. du 25 mai au 1er juil. 1912)

Num. de l'exp.	Dév. Est en mm.	Numéro de l'expér.	Dév. Est en mm.	Numéro de l'expér.	Dév. Est en mm.	Numéro de l'expér.	Dév. Est en mm.
I	+ 0,66	XVIII	+ 1,07	XXXV	+ 0,22	LII	+ 0,99
II	+ 0,89	XIX	+ 1,51	XXXVI	+ 0,68	LIII	+ 0,95
III	+ 0,84	XX	+ 0,57	XXXVII	+ 0,96	LIV	+ 0,37
IV	+ 0,85	XXI	+ 1,05	XXXVIII	+ 1,07	LV	+ 0,91
V	+ 1,17	XXII	+ 0,55	XXXIX	+ 0,88	LVI	+ 1,01
VI	+ 1,08	XXIII	+ 0,67	XL	+ 0,53	LVII	+ 0,67
VII	+ 0,46	XXIV	+ 0,49	XLI	+ 1,38	LVIII	+ 1,25
VIII	+ 0,84	XXV	+ 0,96	XLII	+ 1,39	LIX	+ 1,12
IX	+ 0,57	XXVI	+ 0,69	XLIII	+ 1,26	LX	+ 1,12
X	+ 0,88	XXVII	+ 0,41	XLIV	+ 0,61	LXI	+ 1,18
XI	+ 0,66	XXVIII	+ 0,43	XLV	+ 0,76	LXII	+ 1,36
XII	+ 1,42	XXIX	+ 1,64	XLVI	+ 0,43	LXIII	+ 0,84
XIII	+ 1,22	XXX	+ 0,66	XLVII	+ 0,75	LXIV	+ 1,09
XIV	+ 0,30	XXXI	+ 0,83	XLVIII	+ 1,39	LXV	+ 1,31
XV	+ 0,75	XXXII	+ 0,97	XLIX	+ 0,77	LXVI	+ 1,22
XVI	+ 1,24	XXXIII	+ 1,07	L	+ 0,99		
XVII	+ 1,17	XXXIV	+ 0,61	LI	+ 0,69		

Comme moyenne, le P. Hagen obtient pour la déviation orientale $y = +0{,}899$ mm., avec une erreur probable de $\pm 0{,}027$ mm., ce qui ne diffère que de

0,010 mm. de la valeur calculée. Cette méthode a donc une réelle valeur quantitative. Voici un petit tableau qui permet de comparer la méthode de Hall et celle de la poulie fixe (1) :

Chute libre (Hall)

Déviation	Vers le sud, en mm. (948 observations)	Vers l'est, en mm. (948 observations)
Théorique	0,00	+ 1,77
Moyenne observée	+ 0,05 ± 0,04	+ 1,50 ± 0,05
$V_{obs} - V_{th}$	+ 0,05	— 0,27

Poulie fixe (Hagen)

Déviation	Vers le sud, en mm. (22 observations)	Vers l'est, en mm. (66 observations)
Théorique	0,000	+ 0,889
Moyenne observée	+ 0,010 ± 0,027	+ 0,899 ± 0,027
$V_{obs} - V_{th}$	+ 0,010	+ 0,010

La comparaison des deux parties du tableau montre que la méthode de la poulie fixe réduit presque de moitié l'erreur probable des résultats, malgré un nombre considérablement plus petit d'observations. Aussi pouvons-nous croire que de nouvelles expériences sur des corps en chute libre ne seront jamais plus tentées (1).

(1) Cf. Hagen, *op. cit.*, *App. II*, 2e partie, ch. III, § 12, p. 46. On pourrait aussi combiner les méthodes de la poulie suspendue et de la poulie fixe. Mais le P. Hagen juge cette idée peu pratique (*op. cit.*, 7e partie, ch. III, A, p. 173).

IX

Que conclure des divers résultats que nous venons d'examiner? Sans parler de la haute estime que les brillantes expériences doivent faire naître en nous pour l'habileté et la science des ingénieux physiciens qui les ont imaginées et conduites, tout spécialement pour l'éminent Directeur de l'observatoire du Vatican, nous devons déclarer que nous sommes franchement portés à admirer le degré de précision qu'ont acquis les observations et expériences de nos jours ; en même temps, n'est-il pas vrai, notre confiance en les lois fondamentales de la Dynamique classique se sent affermie, accrue, fortifiée, au moins pour ce qui concerne les vitesses usuelles (1).

Est-il nécessaire de faire remarquer, une fois de plus, aux lecteurs qui ont eu le courage de nous suivre jusqu'au bout, combien est *relatif* le caractère des preuves, tant cinématiques que dynamiques, que les expériences mécaniques apportent en faveur de la rotation de la Terre? Il ne s'agira jamais que de la rotation de notre globe *vis-à-vis du solide stellaire*, et nullement de *rotation absolue*. D'ailleurs l'*espace absolu* (au sens newtonien du mot), même s'il est plus qu'une simple abstraction, n'est pas une notion qu'il est nécessaire d'introduire en Mécanique (2).

HENRY JANNE.

(1) Voyez à ce sujet, E. Pasquier, *Sur certaines notions fondamentales de la Mécanique* (ANN. SOC. SC., Bruxelles, t. XXXIV, oct. 1909 et janv. 1910), et surtout H. Poincaré, *La Dynamique de l'électron* (REVUE GÉN. SC. PURES ET APPL., Paris, 30 mai 1908); *La Mécanique nouvelle* (REVUE SCIENTIFIQUE, Paris, 7 août 1909), etc.

(2) Duhamel, *Des méthodes dans les sciences de raisonnement*, Paris, 1870, 4e partie, Avant-propos, pp. XVII-XIX ; E. Pasquier, *La Terre tourne-t-elle?* (REVUE DE L'UNIV. DE BRUXELLES, mars 1904); spéc. § I, pp. 6-13, etc.

ÉVOLUTION ET CAUSALITÉ [1]

A notre époque l'attention des savants se porte plus qu'autrefois sur l'évolution des êtres naturels. Au lieu de considérer plus ou moins isolément les états où se trouvent les choses, de s'attacher à ce qu'elles semblent avoir de permanent ou d'envisager celle de leurs situations qu'on tient pour plus importante ou pour définitive, on se préoccupe davantage d'étudier la série continue de ces états avec les relations qui les enchaînent. C'est à cela que se réduit en somme la conception évolutionniste dans ce qu'elle a d'essentiel et d'évidemment légitime. Car l'évolution d'un individu ou d'un être collectif ou même de l'ensemble des êtres qui constituent l'Univers n'est pas autre chose que la suite des changements par lesquels ils passent.

Si nous nous demandons pourquoi ce point de vue s'est imposé à l'esprit moderne, nous en découvrons entre autres deux raisons : la première, c'est que des choses qu'on considérait autrefois comme stables ont manifesté une évolution lente, mais comportant à la longue des changements très importants. Il en est ainsi de la configuration géographique : la distribution des mers et des continents, les chaînes de montagnes, le contraste des saisons et des climats. La Géologie nous a appris les modifications que la Terre a subies dans le passé et une observation attentive permet de constater qu'elles se poursuivent aujourd'hui. Les condi-

(1) Conférence faite à la réunion de la *Société scientifique* le 3 avril 1913.

tions terrestres dans lesquelles nous vivons ne nous apparaissent plus dès lors comme une situation invariable ou définitive, mais bien comme une phase passagère dans une longue série de transformations. Il en est de même de l'ensemble des espèces vivantes. Indépendamment de toute hypothèse au sujet de leur origine, les changements qu'ont subies la faune et la flore à travers les âges sont un fait qui s'est révélé à l'époque moderne, tandis qu'auparavant on tenait les espèces vivantes comme invariables depuis la Création. On peut même en dire autant de l'Univers astronomique que les anciens considéraient comme le type de la stabilité, ce qui, à en croire Aristote, avait fait assigner le Ciel comme demeure aux dieux immortels. Nous pensons aujourd'hui que les étoiles proviennent de la condensation des nébuleuses, qu'à partir de leur formation elles se refroidissent par rayonnement et que leurs couleurs blanche, jaune ou rouge indiquent les étapes qu'elles ont parcourues dans cette voie. Peut-être calculera-t-on un jour le moment où elles se sont allumées et celui où elles doivent s'éteindre.

La seconde raison de l'importance attachée à la notion d'évolution, c'est que certains changements se sont imposés davantage à l'attention par leur complexité et leur importance. On savait que la génération des êtres vivants comporte des stades embryonnaires très différents de l'état adulte, mais on ignorait complètement, ce que d'ailleurs nous ne commençons qu'à entrevoir, la complexité effrayante et l'intérêt scientifique incomparable de ces transformations où les êtres vivants les plus élevés dérivent d'une cellule unique.

Dès lors on ne recherche plus seulement aujourd'hui comment les êtres sont, mais encore et surtout comment et pourquoi ils se modifient. Or, si l'étude des changements sous la forme spéciale de longues séries à termes extrêmes très dissemblables est caractéristique

de la science contemporaine, il n'en est pas moins vrai que le changement lui-même et en particulier le changement continu est un fait élémentaire qui a été étudié par les philosophes de toutes les époques. Il ne s'agit donc pas d'inventer pour l'évolution une métaphysique nouvelle, mais seulement de lui appliquer avec discernement les principes anciens. C'est à ce travail que se rattachent les considérations que je me permettrai de vous soumettre dans cette conférence, en m'excusant de ce que peut-être par leur caractère trop philosophique elles cadrent peu avec les préoccupations habituelles des membres de notre Société.

Je voudrais rapprocher la notion d'évolution de la notion de causalité et examiner avec vous comment la seconde est sauvegardée dans la première. Abstraction faite des principes constitutifs qu'Aristote a appelés causes formelle et matérielle. on peut, par raison ou cause d'un fait contingent, entendre soit le principe d'où il tire son existence — c'est sa cause efficiente — soit le but où il tend — c'est sa cause finale. Celle-ci n'exerce son influence que par l'intermédiaire de la cause efficiente. Le but considéré en lui-même est un effet ; il n'est cause que grâce à l'agent qui le poursuit. Ce qui détermine directement l'existence d'une chose distincte de soi, c'est donc, par définition, la cause efficiente. Etudions brièvement dans l'évolution d'abord la causalité efficiente, puis la causalité finale.

Nous assistons aujourd'hui au renouvellement brillant, mais un peu tapageur d'une philosophie dont l'antiquité a connu une première efflorescence et qui n'était pas inconnue dans les temps modernes. C'est celle qui conçoit la fuite des choses dans le temps comme la réalité fondamentale, existant par elle-même.

Le πάντα ρει, tout s'écoule, d'Héraclite a trouvé dans Bergson un interprète qui unit à une information

scientifique sûre les charmes d'un style éblouissant. D'après cette doctrine, l'être qui n'est autre chose que le devenir, se réalise en des formes constamment changeantes, nouvelles et impossibles à prévoir. L'évolution de la vie s'épanouit en éventail par la vertu de sa propre fécondité, telle une fusée ou un jet de vapeur — ce sont les comparaisons classiques — créant à travers la retombée de la matière la variété sans cesse renouvelée et grandissante des organismes. L'évolution est créatrice, mais il n'y a véritablement ni Créateur ni choses créées. C'est un flux perpétuel sans consistance et sans appui.

Combien peu les naturalistes qui se sont occupés de l'évolution des êtres vivants ont soupçonné de pareilles conceptions, c'est ce qui ressort à notre avis des efforts qu'ils ont faits pour trouver dans la nature des causes capables de déterminer l'apparition de formes nouvelles. Si la succession des espèces vivantes se déroule en vertu de sa propre nécessité, il est oiseux d'invoquer la sélection darwinienne ou le facteur lamarckiste du développement des organes par l'exercice et de la transmission héréditaire des caractères acquis, ou même les entéléchies des néo-vitalistes. Si l'évolution est autocréatrice, on peut constater qu'elle s'accomplit, mais logiquement il doit être interdit d'en rechercher les causes. Bergson n'admet pas cette conséquence ou du moins, s'il l'admet pour les faits futurs, il la nie pour les faits passés. Il prétend concilier avac sa conception d'une évolution toute spontanée la légitimité des études scientifiques qui tâchent d'en rendre compte. « Que l'apparition d'une espèce végétale ou animale, dit-il, soit due à des causes précises, nul ne le contestera. Mais il faut entendre par là que, si l'on connaissait après coup le détail de ces causes, on arriverait à expliquer par elles la forme qui s'est produite ; de la prévoir, il ne saurait être question. » (*L'évolution Créatrice*,

p. 29). Le problème ontologique de l'existence des causes est ainsi transformé par Bergson en un problème logique : celui de la possibilité pour notre esprit d'expliquer ou de prévoir. Et pourquoi donc, pouvant expliquer après coup, ne pourrions-nous pas prévoir à l'avance ? Bergson a prévu l'objection : « dira-t-on, écrit-il, qu'on pourrait la prévoir (la nouvelle espèce) si l'on connaissait dans tous leurs détails les conditions où elle se produira ? Mais ces conditions font corps avec elle, étant caractéristiques du moment où la vie se trouve alors de son histoire : Comment supposer connue par avance une situation qui est unique en son genre, qui ne s'est pas encore produite et qui ne se reproduira jamais ? On ne prévoit de l'avenir que ce qui ressemble au passé, ou ce qui est recomposable avec des éléments semblables à ceux du passé » (*Ibid.*, p. 30). — L'argument n'est pas convaincant. Ce qui est en question, ce n'est pas l'impossibilité pratique où nous sommes de connaître toutes les conditions de l'apparition d'une nouvelle espèce à cause de leur complexité, comme nous ne parvenons pas à connaître le détail exact de la situation météorologique, ce qui nous empêche de prévoir le temps. Affirmer cela serait une banalité et Bergson lui-même proteste contre cette interprétation (*Ibid.*, p. 42). Il s'agit donc d'une impossibilité absolue de prévoir la marche de l'évolution, parce que nous ne pouvons en prévoir les conditions, ces conditions étant uniques. Pourtant, je puis connaître les conditions qui sont réalisées au moment actuel. Elles suffiront, de l'aveu de Bergson, à expliquer la genèse de la nouvelle espèce quand elle sera produite. Cette explication consistera à montrer qu'en vertu de certaines lois, les conditions données devaient amener le résultat constaté par l'expérience. Comment, dès lors, la connaissance de ces mêmes lois et de ces conditions ne peut-elle pas faire prévoir le résultat à l'avance ? C'est ce qu'il

nous est impossible de comprendre. Ou bien la nouvelle espèce est une conséquence nécessaire des lois et des conditions et on pourra la prévoir pourvu que ces lois et ces conditions soient connues ; ou bien elle n'en est pas la conséquence nécessaire et alors — étant donné qu'il s'agit d'un phénomène naturel — l'explication sera insuffisante. Dira-t-on que d'après Bergson l'évolution est libre ? Dans ce cas son interprétation après coup au moyen de lois fatales comme celles de l'hérédité ou de la sélection naturelle est aussi impossible que sa prévision.

Admettre que l'évolution suit des lois rigoureuses qu'il est possible de connaître, ce n'est pas, comme Bergson semble le croire, faire profession de mécanisme. Toutes les lois ne sont pas nécessairement, même en dernière analyse, des lois physico-chimiques et l'activité des corps n'est pas nécessairement restreinte à celle que possèdent en propre leurs éléments.

Les bergsoniens admettent que l'on recherche, du moins après coup, les causes des différentes phases du procès évolutif, mais non pas de l'évolution tout entière. « Rien n'autorise, dit Leroy, à considérer le monde, c'est-à-dire, la totalité des phénomènes comme un nouveau phénomène qu'il faudrait à son tour expliquer » (Revue de Métaphysique et de Morale, 1908, p. 143). « Concevons le nécessaire non pas comme une entité immobile, mais comme un spectre continu de nuances fuyantes ou plutôt comme le flux même de cette continuité spectrale » (Ibid., p. 139). Je ne parviens pas à voir de différence entre ces énoncés et le panthéisme. L'examen de cette théorie nous amènerait sur le terrain de la métaphysique pure et dépasserait d'ailleurs le cadre de cette conférence. Contentons-nous de conclure de la critique que nous venons de faire de la doctrine bergsonienne que si l'on ne veut pas soustraire l'évolution à l'étude scientifique, il faut admettre qu'elle est

soumise à la loi de causalité et que dans la mesure où ses causes sont connues, elle peut être prévue aussi bien qu'expliquée.

Tirons de là quelques conséquences. Il faut d'abord reconnaître qu'à considérer seulement la suite des phénomènes, le πάντα ρει exprime une incontestable vérité. Dans ce que nos sens ou notre conscience perçoivent on peut bien, soit en isolant certains éléments par une sorte d'abstraction, soit en ne tenant compte que des modifications observables, trouver des choses permanentes ; mais dans leur réalité concrète, aussi bien l'état de notre conscience que toutes les choses qui nous environnent se modifient continuellement. On aura beau dire que souvent ces changements ne sont pas considérables ; ils n'en existent pas moins et ils sont surtout importants dans les êtres vivants qui sont la partie la plus intéressante de l'Univers matériel.

Cela étant, il peut se faire d'abord que des dépendances causales existent entre différentes parties de l'évolution qui se déploient simultanément. La vie se développe parallèlement aux modifications météorologiques, et la première évolution a si bien subi l'influence de la seconde que nos connaissances au sujet des variations du climat pendant les âges géologiques sont tirées principalement de ce que nous savons au sujet des plantes et des animaux qui s'y sont succédé. La vie est, en effet, une adaptation continuelle aux circonstances extérieures.

Quand deux procès évolutifs dépendent ainsi l'un de l'autre, ils ne sont pas en général parfaitement synchrones. La plupart des influences s'exercent dans la nature d'une façon indirecte et en se propageant de proche en proche : tels la lumière, la chaleur, le son, l'électricité. Cette transmission exige des déplacements de matière qui se font dans le temps. L'effet est donc souvent postérieur à la cause qui l'a produit.

Mais on aurait tort de considérer comme étant essentielle à la causalité une circonstance qui ne dépend que de la façon indirecte dont elle s'exerce. Au contraire la causalité immédiate exige la coexistence de la cause avec son effet. Ce qui n'existe pas ne saurait avoir par soi-même et directement aucune influence sur la réalité.

Cette remarque suffit pour écarter la conception qui confond la causalité avec la succession dans le temps. Non seulement ces deux relations ne sont pas identiques, mais à parler rigoureusement elles s'excluent, une chose ne pouvant dépendre actuellement d'une autre que si cette autre existe, ce qui exige qu'elles soient coexistantes. Il est vrai qu'on recourt parfois au passé pour se rendre compte du présent, mais c'est ou bien parce qu'il s'agit d'un effet indirect, ou parce que l'effet produit dans le passé a été conservé jusque dans le présent, ou enfin parce qu'on recherche, non pas une cause mais un point de départ. Ce dernier est en effet un élément essentiel de toute transformation.

Donc, à parler rigoureusement, ce qui se passe dans un procès évolutif pendant un temps donné, ne peut jamais être la cause efficiente de ce qui se passe dans la suite, ni l'effet de ce qui s'est passé auparavant. Cette conclusion, à première vue un peu paradoxale, est néanmoins inévitable dans le sens précis que nous venons d'expliquer. Il est également évident que l'influence qu'exercent les unes sur les autres les différentes évolutions ne suffit pas pour satisfaire au principe de causalité, non seulement parce que plusieurs procès évolutifs, comme, par exemple, le développement d'un individu vivant, manifestent une indépendance plus ou moins considérable à l'égard des circonstances, mais surtout parce qu'on peut toujours envisager tout l'ensemble des phénomènes qui se déroulent pendant un temps donné et rechercher quelles sont les causes qui les produisent. Si donc on veut trouver ces causes dans

la nature même, il faut admettre qu'il existe dans les corps, outre les phénomènes passagers, des principes permanents par lesquels les phénomènes sont produits. Ce sont, d'après la philosophie scolastique, les substances et leurs propriétés actives. On donne parfois aujourd'hui à ces dernières le nom de forces. Elles sont en effet des causes de mouvement. Aux yeux de beaucoup de nos contemporains, ceux qui en parlent font preuve d'une certaine naïveté. On les soupçonne d'être de la famille du philosophe de Molière. *Cur opium facit dormire ? Quia est in ipso virtus dormitiva.* Il est possible qu'on se soit parfois payé de mots et que d'une conception qui n'a de valeur et de signification que comme théorie générale, on ait voulu tirer l'explication des faits particuliers. S'il en est ainsi, on a eu tort. On n'explique pas que le soleil éclaire en disant qu'il a une vertu illuminative, ni que le feu échauffe en disant qu'il a un pouvoir calorifique. Mais en admettant dans la nature l'existence de principes permanents doués d'activité non pas créatrice mais transformatrice, on a une explication générale de l'apparence générale des choses. Ces principes manifestent leur permanence par ce qu'il y a de constant dans le flux perpétuel des phénomènes : les lois.

Il a été question récemment de l'évolution possible des lois naturelles. On peut envisager ce problème de différentes façons. A notre point de vue, voici, semble-t-il, ce qu'il faut dire. Une loi naturelle est constante par définition. Si les énoncés auxquels nous donnons ce nom n'expriment pas des relations constantes entre les phénomènes, ce ne sont pas des lois naturelles. Les vraies lois seraient alors les règles suivant lesquelles varient ces relations que nous croyions constantes. Si cette variation ne suivait aucune règle, alors on devrait conclure qu'il n'y a pas de lois naturelles. Mais alors aussi, non seulement il

n'y aurait pas de sciences naturelles, mais nos sensations elles-mêmes ne seraient plus comparables entre elles. L'existence des lois ou, ce qui revient au même, leur constance est donc un postulat nécessaire. Et puisque, en nous y appuyant, nous nous trouvons en harmonie avec les faits, on peut dire que l'expérience le confirme. Il y a donc dans la nature des principes permanents d'où dépendent les phénomènes et qui sont le fondement des lois naturelles. Sans doute, pour rendre compte de l'existence des êtres contingents, il faut en dernière analyse recourir à l'Être nécessaire. Mais il y a alors à choisir entre une sorte d'occasionalisme ou de panthéisme qui considère l'évolution phénoménale comme se rattachant directement à Dieu à titre d'effet ou de manifestation et la philosophie scolastique d'après laquelle Dieu a créé un ensemble de principes permanents qu'il conserve et sous l'action desquels se déroule le spectacle que la nature met sous nos yeux. Je dois renoncer à développer les raisons qui militent en faveur de cette dernière conception. Ce que nous avons dit tout à l'heure nous incline à lui donner la préférence.

Etant admise l'existence de principes permanents d'où découlent les phénomènes, il y a lieu d'examiner s'il n'est pas possible d'en préciser la notion. Parmi les questions que l'on peut à ce sujet soulever et tâcher de résoudre, nous en choisirons une qui concerne l'évolution de la vie sous sa double forme d'ontogénèse (évolution de l'individu) et de phylogénèse (évolution de l'espèce).

Dire que toute chose nouvelle a une cause, c'est affirmer implicitement que ses caractères doivent être déterminés dans sa cause. La manière la plus simple de se représenter cela, c'est d'attribuer à la cause les perfections qu'elle produit dans l'effet.

C'est ce que les anciens avaient exprimé par l'adage : *Omne agens agit sibi simile* et il semble, à première vue, que l'ontogénèse nous en offre une vérification assez évidente. Elle consiste, en effet, dans la production d'un être vivant par un ou deux autres de la même espèce. Néanmoins en y regardant de près, la chose apparaît plus complexe. D'abord l'ontogénèse, quoique dépendant en grande partie de l'hérédité, n'est pas entièrement déterminée par cette loi. Tout en reproduisant le type de leur espèce, les êtres vivants, surtout les animaux, se perfectionnent par l'exercice de leurs facultés. Cette autoformation intéresse les fonctions organiques, mais surtout les fonctions animales : les muscles se développent par l'exercice, tandis que dans le système nerveux s'emmagasinent des connaissances et des habitudes d'agir dont l'ensemble constitue la supériorité propre de l'homme fait ou de l'animal adulte. Rien ou fort peu de chose de ces trésors accumulés se transmet aux descendants par voie de génération. Ce perfectionnement individuel est un travail à recommencer par chaque individu. Il est indépendant du degré de développement atteint par les parents. Ceux-ci communiquent l'instrument du progrès, mais non le progrès lui-même. Chacun doit travailler pour son compte et peut par ses efforts dépasser tout ce qui a été réalisé par ses ascendants.

Même dans le déploiement de la forme héréditaire il y a autoformation, en ce sens que l'organisme nouveau ne se construit pas sous l'action immédiate et constante des parents. Dans bien des cas l'ovule se détache de sa souche, même avant sa fécondation. En principe tout embryon, dès qu'il est constitué, peut se développer indépendamment de ses parents. Or, on ne niera pas que, même abstraction faite du volume, l'arbre ne possède une organisation supérieure à celle de l'ovule. Celui-ci n'est qu'une seule cellule ; l'arbre,

au contraire, est une association ordonnée de cellules extrêmement nombreuses et variées. L'oiseau représente un degré de perfection supérieur à celle de l'œuf, puisque celui-ci n'est sans doute pas doué de sensibilité. Nous sommes donc également ici en présence d'un progrès spontané, ayant son origine dans l'organisme qui en est le siège. Ces faits nous avertissent qu'il ne faut pas se hâter de rejeter au nom du principe de causalité une évolution progressive et spontanée des espèces, puisqu'un progrès semblable existe dans l'évolution des individus qui se passe sous nos yeux.

Un effet unique procède souvent de la coopération de causes nombreuses : rien n'empêche alors qu'il ne dépasse la perfection de chacune. Si l'individu vivant progresse, c'est d'abord parce que l'activité vitale s'exerce sous l'influence constante du milieu ; de sorte que les fruits qu'elle produit sont les effets de la coopération de l'être vivant avec les agents qui l'entourent.

S'agit-il de la transformation de l'embryon en la forme adulte ? Les scolastiques nous font remarquer qu'une cause peut produire un effet en transmettant son influence par un intermédiaire matériel qui prend alors le nom d'instrument. C'est ainsi, disent-ils, que l'arbre engendre son semblable par l'intermédiaire de la semence à laquelle il communique sa fécondité.

Pouvons-nous appliquer ces théories à l'évolution des espèces ? L'analogie s'indique d'elle-même. Dans la phylogénèse comme dans l'ontogénèse, il faut d'abord tenir compte de l'action du milieu. C'est en premier lieu la sélection naturelle. Au sujet de l'efficacité de ce facteur règne dans le monde scientifique une divergence extrême d'opinions. On sait que Darwin l'a prise comme base principale de sa théorie transformiste. Depuis elle a été exaltée par les uns comme la cause unique de l'évolution progressive dans tous les ordres

de choses, tandis que d'autres considèrent son action comme nulle ou négligeable. Quelle que soit l'importance de son rôle, il est certain qu'il est purement négatif. La sélection naturelle en détruisant certains individus enlève l'obstacle qui aurait empêché les autres de vivre, de se développer, de se multiplier ; mais elle ne peut rien au delà. On ne peut donc y trouver l'explication de la naissance d'aucune forme ni d'aucun organe.

A l'influence du milieu se rattachent aussi les réactions qu'il provoque de la part des êtres vivants et qu'on désigne souvent sous le nom général d'adaptation. Lamarck et plus tard Spencer lui ont attribué un rôle considérable dans l'évolution des espèces, tandis que l'école de Weissmann en niant la transmission des caractères acquis, ne lui accorde qu'une influence restreinte.

Il ne semble pas que les deux facteurs précédents, même avec l'aide de quelques facteurs subordonnés tels que les combinaisons héréditaires dans la génération sexuelle ou les corrélations morphologiques suffisent pour expliquer l'évolution des espèces. Sans nier l'influence des causes extérieures, il faut attribuer probablement le rôle principal au protoplasme vivant lui-même. De même qu'à l'origine Dieu a doué la matière de l'activité requise pour produire l'évolution de l'univers inorganique, ainsi lorsqu'il a créé la vie, il a communiqué au protoplasme la fécondité d'où sont issues les formes vivantes. Le rôle de la science est de rechercher les lois suivant lesquelles se déroulent l'une et l'autre série de phénomènes. Puisque la cellule d'où sort l'individu n'a pas vraisemblablement une structure plus compliquée que celle des êtres vivants les plus élémentaires, il n'y a aucune impossibilité à ce que les organismes primitifs par lesquels la vie a débuté n'aient contenu en germe la

merveilleuse variété des plantes et des animaux. C'est en substance l'idée que développe S. Augustin dans son commentaire sur la Genèse et qu'il résume en ces mots : « Tout ce que nous voyons accompli dans la suite des temps par les êtres suivant leur nature propre est l'effet des causes intimes que Dieu a jetées comme une semence dans la matière lorsqu'il les créa ». (*De Genesi ad litter.* IV. 33).

Nous sommes ainsi amenés à reconnaître dans les êtres vivants deux espèces de forces : les unes ontogénétiques qui président au développement de l'individu, les autres phylogénétiques qui déterminent l'évolution de l'espèce. Connaître ces forces, c'est savoir l'enchaînement constant des phénomènes qu'elles déterminent, c'est-à-dire, les lois de l'évolution. Nous commençons à découvrir quelques lois de l'ontogénèse, grâce surtout aux recherches des mendéliens. Quant aux lois de la phylogénèse, à peine pouvons-nous énoncer quelques principes très généraux comme les lois de spécialisation et de différenciation croissantes des types et des organes. Notre science de la vie est évidemment encore à ses débuts.

En distinguant l'évolution de l'individu et celle de l'espèce, nous ne devons pas perdre de vue le lien étroit qui les unit. L'espèce n'existe que dans les individus, de sorte que son évolution n'est autre chose que la série des évolutions individuelles considérées dans les modifications qu'y subit le type commun. Envisagée de cette façon, l'espèce ou la forme est une abstraction et il y a dès lors quelque difficulté à se représenter son évolution comme possédant une existence matérielle propre. Les forces ontogénétiques résident dans les cellules reproductrices, par suite dans l'embryon et dans l'organisme adulte. Mais quel est le siège et quels sont les organes des forces qui président à la phylogénèse ? Il est impossible, lorsqu'on

réfléchit à ces questions, de ne pas être séduit par l'hypothèse de Weismann au sujet de la continuité du plasma germinatif. D'après cette théorie, dès les premiers stades de l'évolution embryonnaire, le protoplasme non différencié qui doit servir à la reproduction serait matériellement séparé de celui qui par sa différenciation constituera les autres parties de l'organisme. Le plasma germinatif forme donc comme une souche qui se continue matériellement d'une génération à la suivante et sur laquelle prennent naissance les organismes individuels. Les différences qui existent entre eux et dont la série détermine l'évolution de la forme ne seraient pas autre chose que les manifestations du travail de transformation qui s'accomplit dans la souche elle-même. Cette évolution correspondrait donc à un procès matériellement défini et l'on aurait du coup l'expression concrète des rapports qui unissent la phylogénèse et l'ontogénèse.

Galton avait déjà proposé cette hypothèse. Elle n'entraîne pas nécessairement les autres théories que Weismann y a rattachées. Car la séparation anatomique du plasma somatique et du plasma germinatif n'exclut pas toute action du premier sur le second, ni par conséquent la transmissibilité des caractères acquis. Elles ne nous force pas non plus à admettre que toutes les variations du plasma germinatif se réduisent à des combinaisons dues à la reproduction sexuelle, ni que la conservation de ces variations est assurée par la sélection naturelle. Nous avons déjà fait observer que ces deux facteurs ne suffisent pas à rendre compte de l'évolution. Prise en elle-même l'hypothèse de la continuité du plasma germinatif fournit une conception synthétique de la vie qui ne manque pas de grandeur et qui ne contredit aucunement les principes de la philosophie traditionnelle.

Le principe de causalité exige que tout phénomène ait une cause efficiente, mais non pas nécessairement une cause finale. Il y a des agents qui poursuivent un but : ce sont les êtres intelligents agissant comme tels ; d'autres non doués de connaissance ont une activité aveugle.

Lorsqu'une cause est en elle-même inaccessible à l'observation, nous ne pouvons connaître sa nature que par les effets qu'elle produit. Or, il faut d'abord reconnaître que nous ne pouvons imaginer aucun phénomène matériel ni aucun ensemble de phénomènes qui, absolument parlant, ne puisse être produit par des causes aveugles. Au moins dans notre expérience extérieure les causes immédiates sont toujours de cette sorte. L'action de l'intelligence consiste à diriger ces causes aveugles. Dès lors, la marque de l'intelligence se trouvera non dans les effets élémentaires, mais dans leur disposition. Cette disposition elle-même n'est cependant pas caractéristique de l'intelligence d'une façon absolue. Elle en fournit seulement un indice probable. Cette probabilité peut avoir des degrés variables, depuis la simple conjecture jusqu'à l'équivalent pratique de la certitude.

Les arrangements révélateurs de l'intelligence, ce sont d'abord les signes matériels de la pensée qui constituent le langage parlé ou écrit ; c'est ensuite l'ordre ou la coopération contingente de plusieurs causes à un effet unique ; c'est encore une direction constante dans une activité complexe ; c'est enfin la variété des manières dont est réalisé un effet déterminé.

Nous n'avons pas à nous occuper ici du langage, ni en général des manifestations de l'intelligence humaine ou même animale, mais seulement de ce qui s'accomplit dans la nature indépendamment de leur influence. Nous ne nous arrêterons pas non plus à la considération de l'ordre. Mais je vous demande de bien vouloir

examiner pendant quelques instants les deux autres indices de l'intelligence, parce qu'ils caractérisent l'un l'évolution des espèces organiques, l'autre l'évolution des individus.

L'unité de direction dans une série de phénomènes se révèle comme l'effet d'une intelligence, lorsqu'elle se maintient à travers des conditions variées. Alors, en effet, en l'absence d'une intention qui gouverne les phénomènes, il y a beaucoup de chances pour que leur direction se modifie. Un promeneur qui s'en va au hasard de ses caprices ne marche pas toujours dans le même sens, ce que fait, au contraire, dans la mesure du possible, le voyageur qui veut arriver à destination. Le fleuve qui coule vers la mer ou la boule qui roule dans la direction où on l'a lancée ne manifestent pas l'intelligence, parce que le phénomène se réduit à un mouvement élémentaire ; mais la direction régulière et droite d'un canal à travers des terrains variés donne déjà l'impression d'une cause intentionnelle.

Or, l'évolution des êtres vivants, tant dans le règne végétal que dans le règne animal, a été, pendant la longue durée des temps géologiques, constamment progressive dans son ensemble. Ce progrès consiste au point de vue organique dans la différenciation des organes par suite de leur multiplication et de leur adaptation de plus en plus précise aux fonctions qu'ils exercent ; au point de vue psychique, dans le développement du système nerveux, surtout des centres nerveux, signe d'un développement correspondant des facultés cognoscitives et motrices. Dans le détail, les phénomènes de régression sont nombreux. Bien des formes, après s'être brillamment épanouies, s'atrophient et disparaissent. La marche en avant de l'ensemble n'en est que plus remarquable. Personne ne la conteste, puisque les différentes théories évolutionnistes se proposent précisément d'en rendre compte.

Les formes les plus parfaites dans le sens que nous venons de dire ne sont pas nécessairement les plus aptes à se conserver. C'est déjà une raison pour qu'on n'attribue pas à la sélection naturelle le phénomène général que nous signalons. Elle est d'ailleurs incapable d'enrayer une marche en arrière qui se produirait dans l'ensemble et si elle favorise la marche en avant en faisant disparaître des types qui pourraient l'entraver, elle n'est cependant à même ni de la provoquer, ni de l'entretenir.

Il y a causalité finale chaque fois que l'effet est la raison d'être de sa cause efficiente. Dans la sélection naturelle ce n'est pas ce qui a lieu. L'utilité de l'organe y est la cause, toute négative d'ailleurs, de sa conservation, mais non pas de sa production et si l'on peut dire en un certain sens qu'elle est la cause de son développement futur, cela doit s'entendre de son utilité actuelle et non pas de celle que ce développement réalisera. C'est cette dernière seule, au contraire, qui peut jouer le rôle de cause finale. L'existence de la finalité exclut donc la toute-puissance de la sélection naturelle.

Si une évolution progressive est intentionnelle, il y aura probablement des phases qui sont simplement des intermédiaires nécessaires pour aboutir aux phases suivantes et qui n'ont pas d'autre raison d'être. Leur existence sera encore un indice de finalité.

Les organes rudimentaires sont souvent des organes en régression ; dans ce cas leur explication se trouve plutôt dans le passé que dans l'avenir. Mais ils peuvent être des organes en progression. Alors leur raison d'être est dans le futur et ils sont par conséquent l'œuvre d'une cause intentionnelle.

L'appareil électrique de la raie blanche *(raia radiata)* en fournit un bon exemple. C'est un organe rudimentaire : la décharge électrique qu'il fournit est si faible qu'elle est imperceptible à la main et ne peut donc pas

servir de moyen de défense à l'animal. D'autre part cet organe est tellement spécialisé qu'il n'est pas possible de lui attribuer un autre rôle que celui de batterie électrique. Dans notre cas il n'est pas en dégénérescence ; la seule cause de sa faiblesse est le nombre insuffisant des sections du condensateur. Chacune, prise à part, fonctionne aussi bien que celles des gymnotes ou des torpilles. Il n'apparaît que tardivement dans l'ontogénèse de la raie et il s'accroît même plus rapidement que l'ensemble du corps. Romanes, auquel nous empruntons ces détails, reconnaît qu'il lui est impossible d'en expliquer l'existence par la sélection naturelle (*Darwin and after Darwin*, t. I, p. 364). Nous avons donc ici une forme de transition dont la raison d'être se trouve dans l'avenir. Cette utilité future nous est révélée par le développement qu'à pris l'organe dans d'autres espèces. Sans cette circonstance le condensateur électrique de la raie blanche serait pour notre esprit un problème insoluble, comme le sont bien d'autres faits anatomiques.

La nature donne plus nettement encore l'impression d'activité intentionnelle dans l'évolution des individus en produisant des résultats identiques et fixés d'avance par des moyens différents adaptés aux circonstances.

Voici un embryon. Il est doué de certaines forces grâce auxquelles il va, au dépens de son milieu, se transformer en un organisme adulte. Laissons de côté la nécessité d'une intelligence pour combiner convenablement le rôle des innombrables éléments matériels qu'il faut mettre en œuvre pour arriver à ce résultat. Considérons celui-ci en bloc et de même son point de départ. Je puis admettre que sans causalité finale, c'est-à-dire, sans poursuivre un but, l'embryon se transforme en adulte, si cette transformation est déterminée dans tous ses détails, ou si les perturbations qu'elle subit entraînent des modifications proportionnelles dans le

résultat final. Mais ce n'est pas ce qui a lieu. Le développement de l'embryon est intimement lié aux circonstances extérieures variables sur lesquelles il doit constamment régler son activité ; les perturbations que les agents externes produisent sont souvent très graves : refroidissement anormal, famine, mutilation. Néanmoins le résultat final de la transformation est toujours le même et il est fixé d'avance : c'est le type caractéristique de l'espèce.

Dès lors je ne puis m'empêcher de croire que les phénomènes de l'ontogénèse sont adaptés et modifiés suivant les circonstances en vue du résultat. Considérons les expériences faites par Hans Driesch sur les œufs de l'oursin commun *(echinus microtuberculatus)*. Après la première division il les agite violemment de façon à séparer les deux blastomères ou à en tuer un. On s'attend à voir le développement de l'autre produire la moitié de l'organisme larvaire, comme il le fait dans l'évolution normale. C'est en effet ainsi qu'il se comporte d'abord : le stade qui comprend normalement 16 cellules n'en présente que 8 formant une hémisphère au lieu d'une sphère complète. Mais dès la fin du premier jour de l'expérience les bords de l'hémisphère tendent à se rapprocher et le lendemain une *blastula* de dimentions réduites, mais complète, nageait dans l'eau. Elle fut suivie d'une *gastrula* et d'une larve petites mais parfaitement régulières.

D'autres œufs sont placés dans l'eau de mer dont on élève la température ou dont on modifie la composition : les premières phases du développement se trouvent profondément modifiées ; néanmoins on obtient à la fin la forme type de l'espèce. Driesch comprime aussi les œufs entre deux plaques de verre, ce qui a comme conséquence que toutes les divisions se font perpendiculairement aux plaques ; dès que la compression cesse, elles ont lieu dans la direction parallèle ; en

faisant alterner les périodes de compression et les périodes normales, il règle à sa guise le mode de division des cellules pendant les premières phases du développement ; neanmoins tous les œufs donnent finalement des individus absolument normaux.

Les embryons peuvent subir des traitement plus violents encore. La *gastrula* complètement formée de l'étoile de mer peut être coupée en deux suivant n'importe quel plan : chaque partie modifiera immédiatement son évolution de manière à donner un individu complet. (*The Science and Philosophy of the Organism*, t. I, p. 59 sq.).

Ces phénomènes ne sont pas exceptionnels. La faculté de changer la marche du développement suivant les obstacles qu'il rencontre, de réparer les brèches qui y sont produites, appartient au contraire dans une mesure variable à tous les embryons. Et lorsque le développement est achevé, la même tendance se manifeste dans les phénomènes de restitution des organes amputés.

Gustav Wolff enlève le cristallin à un triton. En quelques mois l'animal achève la régénération de cet organe. Cela s'accomplit au dépens de l'épithélium de l'iris dont les cellules fortement pigmentées vont fournir les cellules parfaitement transparentes du cristallin. Le procédé de restauration est donc totalement différent de celui qui a donné lieu à la première formation de l'organe (*Beiträge zur Kritik der Darwin'schen Lehre*, Leipzig, 1898, p. 68 sq.). Dirons nous que les ancêtres du triton se sont exercés à régénérer leurs cristallins, ouque la sélection naturelle a favorisé ceux qui possédaient ce pouvoir ? Il faudrait une foi robuste dans les théories de Lamarck ou de Darwin pour se contenter de pareilles explications. Nous constaterons donc que le triton se sert d'un moyen anormal et extraordinaire pour restaurer son type spécifique ; il se sert du moyen

qui *a priori* apparaît le plus simple dans les conditions où il se trouve.

On peut se servir de ces faits, comme le fait Driesch, pour prouver que les êtres vivants n'agissent pas comme des machines, que leur organisation physico-chimique ne suffit pas pour rendre compte des phénomènes qui s'y observent. Nous les envisageons ici comme des manifestations de finalité. Nous voyons la nature aboutissant par des voies différentes à un résultat constant déterminé à l'avance. Des chemins différents conduisent en général à des termes différents. Ils peuvent converger au même endroit par hasard, mais si ces coïncidences sont trop précises et si elles se répètent, on considèrera que cette hypothèse n'a plus de vraisemblance et on conclura à une rencontre intentionnelle.

Cet argument, comme le précédent, considère donc un effet à certains égards constant, malgré la variété des causes apparentes. Quand cela se présente dans l'expérience, nous concluons sans hésiter qu'il y a un élément de causalité qui nous échappe et dont la constance détermine celle de l'effet. Dans les phénomènes que nous avons considérés, les causes efficientes mises en œuvre sont différentes d'après les circonstances : ce n'est pas en elles que nous trouverons l'élément constant correspondant à la constance de l'effet. C'est donc dans la cause finale qu'il faut le chercher.

Il pourrait sembler à première vue que dans l'évolution individuelle la forme spécifique réalisée chez les parents suffit pour expliquer la constance avec laquelle elle est produite dans les descendants. Il en serait ainsi si à chaque type correspondait un procès absolument uniforme d'évolution. Or nous avons vu que cette évolution varie suivant les circonstances.

Il n'y a rien d'absolument nécessaire à ce qu'un animal en produise un autre de la même forme ou con-

serve pendant sa vie le type qu'il possédait à sa naissance. Le contraire serait plutôt probable, étant donnée la variété des circonstances qu'il traverse et qui provoquent de sa part des réactions également variées. Si cette variété conduit néanmoins toujours au même résultat, c'est qu'elle est dominée par une volonté qui poursuit ce résultat et qui l'y fait aboutir. Cette influence peut d'ailleurs s'exercer indirectement par l'intermédiaire de forces convenablement choisies et distribuées.

Il faut éviter de traiter comme tout-à-fait semblables des phénomènes qui n'ont entre eux qu'une vague analogie, quoique parfois les mêmes mots servent à les désigner. On peut à certains égards voir dans la forme adulte une situation d'équilibre stable vers laquelle tend le développement embryonnaire. Mais ce serait une singulière illusion que de considérer les phénomènes de croissance et de régénération comme les mouvements d'un corps qui étant dérangé de sa position d'équilibre, tend à y revenir. Si un triton auquel on a amputé une patte n'est plus en équilibre sur les trois qui lui restent, cela m'explique qu'il tombe sur le flanc, mais non pas que la quatrième patte repousse. Il est vrai que la rupture d'équilibre qu'on invoque n'est pas celle-là. Mais en quoi consiste-t-elle et pourquoi, comme le fait remarquer Gustav Wolff, la guérison de la blessure ne suffit-elle pas à le rétablir ? Nous ne pouvons comprendre la régénération des membres que comme l'action de la nature qui répare son œuvre ; et voyant qu'elle aboutit toujours plus ou moins parfaitement à ce résultat, quelles que soient les lésions, pourvu qu'elles ne la détruisent pas radicalement, nous concluons que c'est un but qu'elle poursuit.

Le but, nous l'avons dit, n'exerce sa causalité que par l'intermédiaire de l'intelligence. Car n'existant pas en lui-même il n'a d'action sur la réalité que par l'esprit

qui le conçoit et la volonté qui y tend. Concevoir la finalité comme liée à l'existence d'une cause psychologique ce n'est donc pas seulement, comme le dit Wolff, (*Mechanismus und Vitalismus*, Leipzig 1905, p. 14), proposer une hypothèse basée sur l'analogie avec notre propre activité, c'est une nécessité logique.

L'évolution s'accomplit donc aussi bien dans la succession des espèces que dans le développement des individus sous la direction d'un être qui, ayant conçu un but, le poursuit et le réalise. *Mens agitat molem.* Lorsque nous admirons la manière persévérante et complexe dont la nature réalise ses fins, nos hommages n'iront pas à « l'intelligence des fleurs » mais nous nous inclinerons avec respect devant la Sagesse Infinie qui, en déployant devant notre esprit les splendeurs de la Création, soulève un coin du voile qui la recouvre.

JACQUES LAMINNE.

ARISTARQUE DE SAMOS

A PROPOS D'UN LIVRE RÉCENT (1)

I

La vie d'Aristarque de Samos nous est peu connue : nous savons seulement qu'elle s'écoula probablement de 310 à 230 environ, entre Euclide et Archimède son contemporain, mais plus jeune que lui de quelque vingt-cinq ans.

Un seul de ses ouvrages nous est parvenu ; il a pour titre *Des dimensions et des distances du Soleil et de la Lune*. C'est une œuvre géométrique de valeur que les anciens ont estimée et accueillie dans leur collection appelée la *Petite Astronomie*, par opposition à la *Grande Astronomie*, la *Syntaxe* de Ptolémée.

Cette circonstance n'est pas étrangère à sa conservation.

Nous possédons trois éditions du texte grec de ce traité : la première est due à Wallis (1688), la seconde à Fortia d'Urban (1810), la troisième, œuvre de seconde main, se base sur les deux précédentes. Les mérites de celles-ci ne rendent pas inutile une édition nouvelle bénéficiant d'une collation plus complète et

(1) *Aristarchus of Samos, the ancient Copernicus.* A History of Greek Astronomy to Aristarchus, together with Aristarchus's Treatise on the sizes and distances of the Sun and Moon, a new greek text with translation and notes. By sir Thomas Heath, K. C. B., Sc. D., F. R. S. Sometime Fellow of Trinity College, Cambridge. Oxford, at the Callendon Press. 1913.

d'une étude plus approfondie des nombreux manuscrits que recèlent les bibliothèques du Vatican, de Paris, de Venise, de Milan, de Vienne, etc. M. Th.-L. Heath vient de réaliser ce travail.

Son projet primitif se bornait à la publication de cette édition critique plus savante et plus soignée du texte grec, avec traduction anglaise et commentaires. Mais, en cours de route, M. Th.-L. Heath élargit le cadre de son travail : il y fit entrer l'*Histoire de l'Astronomie grecque de ses Origines à Aristarque de Samos*. Voici comment il y fut amené.

Dans son livre *Des dimensions et des distances du Soleil et de la Lune*, Aristarque ne dit rien des mesures qu'il aurait faites des diamètres apparents du Soleil et de la Lune. Mais parmi les données fondamentales que sa méthode suppose et qu'il emprunte aux astronomes observateurs, figure la valeur de ces diamètres apparents qu'il suppose égaux entre eux et à « la quinzième partie d'un signe du Zodiaque », soit 2°, donnée très éloignée de la réalité.

En outre, dans tout le cours de son traité, il parle dans l'hypothèse géocentrique : la Lune et le Soleil tournent autour de la Terre immobile au centre de leurs trajectoires circulaires ; nulle part ne transparaît l'hypothèse héliocentrique.

Or les anciens vantent l'utilité de plusieurs instruments qu'Aristarque aurait imaginés et qui se prêtaient à la mesure des diamètres apparents du Soleil et de la Lune ; n'en aurait-il tiré que cette grossière approximation ? D'autre part, n'est-il pas le précurseur de Copernic ? Comment expliquer dès lors qu'il ne fasse aucune allusion au mouvement annuel de la Terre autour du Soleil ?

A ceci, on peut répondre que le problème dont il s'occupe ici, n'a rien à voir avec l'ordonnance du système solaire : il suffit, comme il le suppose, que les

distances de la Terre au Soleil et à la Lune restent constantes. Mais nous possédons heureusement, sur les observations et les vues astronomiques d'Aristarque, un témoin hors pair, Archimède. Il a connu ses travaux, il a lu ses ouvrages et il nous fournit, en termes formels et très précis, la preuve irrécusable que le Samien a bien mesuré les diamètres du Soleil et de la Lune, que le résultat obtenu est très voisin de la réalité, et qu'il a très clairement exposé, sinon inventé, l'hypothèse héliocentrique.

Rappelons ce témoignage.

C'est en passant qu'Archimède est amené à parler d'Aristarque, de ses découvertes et de son système astronomique, et cela dans un livre dont le but est étranger à la science du ciel, l'*Arénaire*. Ce traité est en effet consacré à un problème de numération. L'auteur prétend montrer que dans la suite des nombres qu'il a appris à écrire et à dénommer dans un opuscule antérieur — aujourd'hui perdu — il en est de beaucoup supérieurs à celui des grains de sable que contiendrait un volume égal à *la sphère du Cosmos*. Pour donner le plus d'ampleur possible à sa démonstration, c'est aux vues astronomiques qui accordent à l'Univers les plus vastes dimensions qu'il emprunte la base de ses calculs.

« Tu sais, dit-il, — il parle au roi Gélon auquel il adresse son livre — que la plupart des astronomes appellent monde (κόσμος) la sphère qui a pour centre la Terre et pour rayon la distance de la Terre au Soleil... Mais Aristarque de Samos a donné des descriptions de certaines hypothèses (ὑποθεσίων τινῶν ἐξέδωκεν γραφάς) d'où il suit que l'Univers serait maintes fois plus grand que cela. Il suppose, en effet, que les *étoiles fixes et le Soleil* (τὰ μὲν ἀπλανέα τῶν ἄστρων καὶ τὸν ἅλιον) *sont immobiles*, tandis que *la Terre est emportée autour du Soleil*, le long d'une circonférence dont le Soleil

occupe le centre; d'autre part, il admet que *la sphère des fixes*, centrée aussi sur le Soleil, est si grande que le rayon de l'*orbite de la Terre est à la distance des étoiles* comme le centre d'une sphère — un point — est à son rayon. »

Ceci n'est évidemment qu'une façon de parler, dont Archimède critique à bon droit l'exactitude mathématique, et qu'il interprête en vue du but spécial qu'il poursuit : le rayon de l'orbite terrestre est à celui de la sphère des fixes, comme le rayon de la Terre est à celui de la sphère appelée vulgairement κόσμος, par la plupart des astronomes, ou à la distance du Soleil à la Terre. Ce n'est point là la pensée d'Aristarque; on la trahirait sans doute en supposant qu'il considérait la sphère céleste comme théoriquement infinie; il affirme seulement qu'on peut la regarder pratiquement comme telle, vis-à-vis des dimensions de l'orbite terrestre ou, en d'autres termes, que *les étoiles n'ont pas de parallaxe annuelle* accessible à l'observation, devenue depuis lors plus habile. Des mesures de hauteurs méridiennes lui avaient peut-être permis de vérifier cette assertion.

Il n'importe d'ailleurs à notre sujet; ce témoignage est très clair dans son ensemble et très précis : l'hypothèse copernicienne y est attribuée à Aristarque par un de ses plus illustres contemporains qui a sous les yeux les ouvrages dont il parle, et ne fait aucune allusion à une invention semblable plus ancienne.

Quelques pages plus loin, devant introduire, dans ses calculs, les dimensions du Soleil, Archimède admet que son diamètre linéaire est plus grand que le côté du polygone régulier de mille côtés, inscrit dans la circonférence que décrit le Soleil, dans l'hypothèse géocentrique. « Je fais cette supposition, dit-il, en me basant sur *la découverte d'Aristarque* (Ἀριστάρχου μὲν εὑρηκότος) que le diamètre apparent du Soleil mesure environ la $\frac{1}{720}$ partie d'un signe du Zodiaque », soit

30′. Nous voilà loin des 2° dont parle Aristarque dans son traité, et nous touchons de bien près à la réalité.

Cette *découverte* du Samien tranchait-elle avec les résultats des mesures antérieures et les données généralement reçues des astronomes contemporains ? — On le croirait en voyant qu'Archimède a jugé nécessaire d'en contrôler l'exactitude par des recherches personnelles. « Moi-même, dit-il, je me suis attaché à cette mesure. Elle est malaisée : l'œil, la main, les instruments qu'on y emploie concourent à la fausser ». Il décrit le procédé qu'il imagina et qu'il mit en œuvre pour fixer, par l'interposition d'un obstacle approprié couvrant exactement le disque du Soleil à son lever, une limite supérieure et une limite inférieure de la valeur de cet angle, et il conclut ainsi : « Le diamètre angulaire du Soleil est plus petit que $\frac{1}{164}$ et plus grand que $\frac{1}{200}$ de l'angle droit » ; il est donc compris entre 32′55″37‴ et 27′, ce qui confirme la découverte d'Aristarque (1).

Comment se fait-il donc qu'Aristarque, dans son livre *Des dimensions et des distances du Soleil et de la Lune*, n'ait pas usé de cette valeur du diamètre solaire, si voisine de la réalité, qu'il devait à ses propres recherches, et qu'il lui ait substitué un nombre quatre fois trop grand ?

Il y a à cela plusieurs réponses plausibles, la plus simple, celle qui s'offre d'elle-même au premier regard, c'est que le Traité dont il s'agit ici est antérieur aux recherches personnelles de l'auteur sur le diamètre apparent du Soleil ; comme il peut l'être aussi à l'invention de l'hypothèse héliocentrique. Rien, il est vrai, ne vient d'ailleurs appuyer cette conjecture, mais rien non plus ne s'y oppose *a priori*, mais elle laisse ouverte

(1) La *Connaissance des temps* emploie aujourd'hui, pour le calcul des Éphémérides méridiennes, la valeur 32′2″,36 pour le diamètre équatorial du Soleil, à sa distance moyenne de la Terre.

la question principale, la seule qui nous intéresse : Aristarque fut-il le *premier à mesurer le diamètre apparent du Soleil avec cette exactitude relative ?* Et fut-il l'*inventeur du système héliocentrique, le Copernic de l'antiquité ?* C'est à l'histoire de l'astronomie qu'il faut demander de nous renseigner ; et voilà comment M. Th. L. Heath fut amené à l'interroger et à nous faire connaître sa réponse. Son plan primitif s'en est trouvé singulièrement élargi, mais sans perdre son unité : le nom et l'œuvre d'Aristarque de Samos le dominent tout entier.

Le livre de M. Th.-L. Heath, contient donc deux parties. La première, la plus longue (pp. 1-297) et, pour le grand public la plus intéressante, est l'histoire de l'astronomie grecque depuis les poèmes d'Homère et d'Hésiode, jusqu'aux travaux d'Aristarque de Samos. La seconde partie (pp. 298-414) est consacrée toute entière au Samien et à son Traité *Des dimensions et des distances du Soleil et de la Lune.*

La disposition de la première partie et l'allure de son développement rappellent l'ouvrage de P. Tannery *Pour l'histoire de la science hellène.* Après quelques pages consacrées aux sources de l'histoire de l'astronomie grecque, viennent, dans l'ordre des temps, le seul qui puisse faire apprécier la succession et l'enchaînement des découvertes, les monographies des penseurs dont on rappelle les idées ou les découvertes. Voici un aperçu de la table des matières de cette première partie :

I. *Sources of the History* (1-6). — II. *Homer and Hesiod* (7-11). — III. *Thales* (12-23). — IV. *Anaximander* (24-39). — V. *Anaximenes* (40-45). — VI. *Pythagoras* (46-51). — VII. *Xenophanes* (52-58). — VIII. *Heraclitus* (59-61). — IX. *Parmenides* (62-77). — X. *Anaxagoras* (78-85). — XI. *Empedocles* (86-93). — XII. *The Pythyagoreans* (94-120). — XIII. *The*

Atomists, Leucippus and Democritus (121-129). — XIV. *Oenopides* (130-133). — XV. *Plato* (134-189). — XVI. *The Theory of concentric spheres — Eudoxus, Callippus, and Aristotle* (190-224). — XVII. *Aristotle* (continued) (225-248). — XVIII. *Heraclides of Pontus* (249-283). — XIX. *Greek Months, Years and Cycles* (284-297).

Le premier chapitre de la seconde partie, intitulé *Aristarchus of Samos*, complète cet exposé historique: le reste de l'ouvrage contient le texte grec, la traduction et les commentaires du Traité *Des dimensions et des distances du Soleil et de la Lune*.

II

L'astronomie hellène — comme toutes les sciences chez tous les peuples — est née de la nécessité et n'eut à ses débuts que des visées pratiques : l'aspect de la voûte céleste tenait lieu de montre, de boussole et de sextant ; on interrogeait le cours des astres pour connaître l'heure, se renseigner sur les saisons et se diriger en voyage ; les premiers ouvrages d'astronomie furent de modestes almanachs.

C'est au contact de la science de l'Égypte et de la Chaldée, entrevue dans les récits des voyageurs dont Thalès fut, dit-on, des premiers, que le génie grec s'éveilla et s'appliqua à scruter pour eux-mêmes maints problèmes simplement curieux, sur les phénomènes célestes et la structure de l'Univers. Dans cette première période, l'histoire de l'astronomie fait partie de celle de la philosophie : les Ioniens, les Éléates, les Pythagoriciens furent les premiers astronomes ou, pour mieux dire, les premiers *physiologues*, plus prompts à échafauder des hypothèses qu'à interroger la nature. Toutefois, parmi ces hypothèses il s'en trouva de fécondes, et parmi ces rêveurs quelques patients et

habiles observateurs. Les ouvrages de ces premiers pionniers sont aujourd'hui perdus, mais des fragments plus ou moins considérables nous ont été conservés par des polygraphes ou des commentateurs appartenant à des époques beaucoup plus rapprochées de nous. A ces fragments des anciens physiologues, il faut joindre l'exposé de leurs opinions sur les questions physiques et naturelles, introduit par les doxographes, parlant souvent d'ouï-dire, en des ouvrages écrits dans des buts très divers et à des époques variées.

La mise en œuvre de ces documents toujours incomplets, généralement obscurs, parfois singulièrement altérés par les erreurs ou les préjugés des doxographes eux-mêmes ou la maladresse des copistes, et intelligibles seulement à qui possède une double préparation philosophique et mathématique, est chose ardue et délicate. Des savants se sont rencontrés cependant merveilleusement doués de ces rares qualités et admirablement préparés aux vues synthétiques par mille recherches préalables ; ils ont su tirer, de ces débris épars, un merveilleux parti et deviner l'ordonnance d'un édifice dont nous ne possédons que des ruines.

Le domaine que M. Th.-L. Heath s'est proposé d'explorer, dans la première partie de son livre, n'est donc plus un nouveau monde à découvrir, un continent mystérieux à parcourir sans guide. Des itinéraires existent, des cartes ont été dressées et plus d'une grand'route même a été tracée. Mais que de sentiers il reste à élargir et à prolonger, que d'obstacles à niveler et combien d'œuvres d'art provisoires demandent à être consolidées ou remplacées !

Disons de suite que M. Th.-L. Heath s'y est employé avec succès.

Sans doute, il ne pouvait songer à être toujours, ni même très souvent, original : les maîtres qui l'ont pré-

cédé ne lui en ont pas laissé l'occasion. Mais encore moins a-t-il voulu se borner à vulgariser leurs conquêtes et à redire, sur les questions qu'ils ont touchées, ce qu'ils avaient dit. Il a abordé son sujet dans un esprit véritablement historique, remontant constamment aux sources, contrôlant toutes les opinions, pesant tous les arguments, les rectifiant au besoin et les renouvelant, avec le seul souci de dégager la vérité et de ne dire que ce qui lui paraissait exact. Et quand il lui arrive de s'écarter des maîtres qui lui servent de guides, c'est toujours avec déférence, après nous avoir exposé loyalement leurs raisons et nous avoir fait connaître les siennes.

Dans son ensemble, l'ouvrage de M. Th.-L. Heath est un travail très solide, le fruit mûr de patientes recherches mises au service d'une science philologique et mathématique très ferme et d'un sens critique très clairvoyant. Il prendra place à côté des publications de G. Schiaparelli et de P. Tannery, historiens de l'astronomie et des mathématiques grecques, et de J. L. Heiberg, le savant éditeur des œuvres d'Archimède.

L'ouvrage de M. Th.-L. Heath n'est pas de ceux dont le résumé puisse tenir en quelque pages : nons ne l'entreprendrons pas. Nous préférons lui demander la réponse aux deux questions relatives à Aristarque de Samos qui ont fourni l'occasion d'écrire cette histoire partielle de l'astronomie hellène. Est-ce bien aux observations d'Aristarque que nous devons la première mesure relativement exacte du diamètre angulaire du Soleil ? Fut-il le premier inventeur du système héliocentrique ?

Sur la première question, le témoignage d'Archimède — et il est de poids — est formel : c'est du travail personnel d'Aristarque qu'est sortie l' « invention »

Ἀριστάρχοὺ μὲν εὑρηκότος (1) de la valeur de 30′ pour le diamètre angulaire du Soleil.

Il est vrai que Diogène Laërce attribue à Thalès l'honneur d'avoir découvert que le diamètre apparent du Soleil « est égal à la $\frac{1}{720}$ partie du cercle qu'il décrit » autour de la Terre, soit, comme pour Aristarque, 30′. Mais cette attribution, prise au pied de la lettre, est bien invraisemblable. Thalès, en effet, se représentait la Terre comme un disque plat ; il ne pensait pas que les astres achevassent leur course au-dessous de l'horizon. Pour lui, le Soleil devait contourner latéralement le plateau terrestre, et il n'y avait pas lieu de parler du cercle qu'il décrit autour de la Terre. De plus, malgré la légende de l'*astronome tombant dans un puits pendant qu'il astronomise*, qui nous représente Thalès consultant les étoiles, sans instrument, comme nous consultons notre montre pour connaître l'heure ou la boussole pour nous orienter, c'est moins par ses observations et ses découvertes, que le premier des sept sages aida au progrès de l'astronomie, qu'en vulgarisant en Grèce les connaissances recueillies au cours de ses voyages. Cette science d'emprunt comprenait-elle une valeur approchée du diamètre angulaire du Soleil ? Ce n'est pas impossible.

On évalua d'abord le diamètre angulaire du Soleil en mesurant le temps nécessaire à l'émergence de son disque au-dessus de l'horizon. Cette mesure se faisait à l'aide de la clepsydre, en comparant la quantité d'eau écoulée pendant ce phénomène à celle qui s'écoulait pendant le jour et la nuit suivante. Les Égyptiens, au témoignage de Cléomèdes, auraient trouvé de cette façon, pour la valeur de ce rapport, $\frac{1}{750}$, ce qui corres-

(1) *Archimedis Opera omnia cum commentariis Eutocii*, iterum edidit J.-L. Heiberg, II, p. 222, Lipsiae, Teubner, 1913.

pond à un diamètre angulaire de 29′ environ. D'autre part, s'il est vrai que, seize siècles avant notre ère, les Chaldéens aient estimé à $\frac{1}{30}$ d'heure le temps que le disque du Soleil met à se lever, et si l'heure dont il est ici question est la vingt-quatrième partie de la période diurne (un jour et une nuit), l'angle correspondant serait égal à $\frac{1}{720}$ de la circonférence, soit 30′, qui est précisément l'approximation excellente attribuée à Thalès et qu'aurait retrouvée Aristarque. Mais ici une difficulté se présente : quand les Babyloniens parlent de *la trentième partie d'une heure*, en un jour équinoxial, comme étant la « mesure » en temps du diamètre solaire, ils parlent vraisemblablement de leur *heure double*, entrant douze fois et non vingt-quatre fois dans la durée du jour et de la nuit ; l'angle correspondant ne serait plus alors 30′, mais 1°.

Quoi qu'il en soit, si Thalès a connu ces résultats et en particulier le meilleur, 30′, il paraît certain que cette donnée s'est tôt perdue, car on n'en trouve nulle trace, dans l'astronomie grecque, entre Thalès et Aristarque. Les recherches de ce dernier, confirmées par celles d'Archimède, auraient donc tout le mérite d'une découverte. Il en serait ainsi surtout si à l'époque d'Aristarque on en était réellement réduit à une approximation grossière, voisine des 2° que lui-même adopte dans son traité *Des dimensions et des distances du Soleil et de la Lune*. Or, Macrobe parle d'une mesure du diamètre angulaire du Soleil dont le résultat aurait donné $\frac{1}{216}$ de la circonférence, soit $1^\circ \frac{2}{3}$; il l'attribue aux Égyptiens, mais cette manière de parler, chez Macrobe, peut très bien signifier les astronomes alexandrins antérieurs à notre ère. Serait-ce cette valeur, en chiffre rond, 2°, qu'Aristarque emprunte aux astronomes con-

temporains, avant tout contrôle personnel, et qu'il prend par excès pour prévenir certaines objections ? Ou bien prétend-il ne nous donner dans son Traité qu'un modèle de la marche à suivre, indépendante de cette donnée arbitraire ? Paul Tannery a proposé cette dernière explication ; M. Th.-L. Heath la trouve trop ingénieuse. Il nous semble possible de tout concilier (1).

Dès lors qu'Aristarque suppose *égaux* les diamètres angulaires du Soleil et de la Lune, leur valeur commune δ n'a plus d'importance. Les raisonnements où la valeur de δ intervient sont exacts *même* pour $\delta = 2^\circ$, et ils le sont *à fortiori* pour $\delta < 2^\circ$. Quant aux résultats numériques qui couronnent le Traité — la mesure des dimensions et des distances du Soleil et de la Lune — ils dépendent de l'élongation de la Lune au moment précis de la dichotomie, qui n'a rien à voir avec ces diamètres angulaires, et de la largeur du cône d'ombre terrestre dans la région de la Lune, largeur qu'Aristarque tire de l'observation des éclipses de notre satellite. Si ses résultats restent très éloignés de la réalité, pour le Soleil surtout, c'est qu'il n'a disposé que de valeurs grossièrement approchées par défaut de ces deux données essentielles, et non pour avoir exagéré la valeur *commune* des diamètres angulaires du Soleil et de la Lune. Aristarque a dû s'en rendre compte ; dès lors, il était naturel qu'il adoptât pour δ une valeur numérique de maniement plus simple et que personne n'accuserait d'être *trop faible*.

La seconde question sur laquelle nous interrogerons le livre de M. Th.-L. Heath est plus intéressante : Aristarque de Samos est-il le premier inventeur du système héliocentrique ?

(1) Nous supposons ici que l'on connaît les traits essentiels de la méthode d'Aristarque pour mesurer les dimensions et les distances du Soleil et de la Lune ; nous les rappellerons plus loin.

Personne n'en a douté (1), jusqu'au jour où Schiaparelli, en 1898, dans son mémoire intitulé *Origine del Sistema planetario eliocentrico presso i Greci,* fit valoir les titres d'Héraclide du Pont à l'honneur de cette invention. Du même coup, et grâce aux travaux antérieurs de Schiaparelli et de ses émules, cette invention cessait d'apparaître comme un éclair de génie brillant dans la nuit : on la voyait naître au sein de l'École pythagoricienne, et l'on suivait pas à pas ses transformations et son développement au cours des siècles.

La sphéricité de la Terre et son immobilité au centre du monde, la rotation diurne uniforme du ciel sphérique autour de la Terre et l'idée très heureuse de considérer la course vagabonde des astres errants comme le résultat de la superposition d'un double mouvement — la rotation diurne, commune à tous les corps célestes, et une circulation propre à chaque astre voyageur — tels furent les principes que Pythagore et ses premiers disciples mirent à la base de leur exposé astronomique. Plus tard et parmi les descendants de cette École célèbre, des vues nouvelles se firent jour : elles privaient la Terre de sa position centrale, la tiraient de son immobilité et la réduisaient au rang de planète semblable aux autres.

Aëtius, probablement sur l'autorité de Théophraste, attribue ces innovations au pythagoricien Philolaüs, le premier, dit-on, qui ait exposé par écrit l'enseignement oral du Maître. Aristote, sans préciser davantage, attache à ce système le nom « des Pythagoriciens ». En voici les traits essentiels.

Le monde est un, de forme sphérique et de dimensions finies. Au centre, trône le *feu central* — qui n'a

(1) On a dit et on répète encore le contraire dans certains ouvrages de vulgarisation. Nous signalerons plus loin l'origine de cette erreur.

rien de commun avec le Soleil — foyer de l'Univers et source de l'activité ordonnée qui s'y manifeste.

Autour du feu central, tournent circulairement, d'Occident en Orient et d'un mouvement uniforme, l'Antiterre — planète hypothétique — la Terre, la Lune, le Soleil et les cinq autres planètes connues des anciens.

La Terre accomplit sa *révolution* en un jour. Si, au cours de ce voyage, nous n'apercevons ni le feu central ni l'Antiterre, c'est que la région habitée de notre planète est invariablement tournée vers le dehors de son orbite, et que l'Antiterre circule, elle aussi, autour du même foyer, du même pas et dans le même sens que la Terre, en sorte qu'entre elle et nous, comme entre nous et le feu central, il y a toujours l'épaisseur du globe. Remarquons que ces conditions imposaient à la Terre — sans que les inventeurs du système ne s'en soient peut-être rendu compte (1) — un double mouvement : une *révolution* et une *rotation* sur elle-même, de même durée et de même sens ; en d'autres termes, la Terre copiait, dans ce système, le mouvement que nous savons aujourd'hui appartenir à la Lune. Ainsi, le mouvement diurne du ciel, d'Orient en Occident, n'était plus qu'une *fausse apparence* produite par la rotation de la Terre sur elle-même, d'Occident en Orient, et l'hypothèse de la *sphéricité du ciel* devenait inutile : on pouvait disséminer les astres dans les profondeurs de l'espace, et pour se débarrasser des effets de parallaxe dus au déplacement de l'observateur, il suffisait de supposer les distances des étoiles très grandes, en face des dimensions de l'*orbite terrestre*.

Plus tard encore, à la suite, sans doute, des conquêtes géographiques qui reculèrent les limites du monde connu, à l'ouest jusqu'à l'Inde et à l'est jus-

(1) Cette conséquence cinématique a échappé à Aristote : de ce que la Lune circule autour de la Terre en lui présentant toujours la même face, il avait conclu que notre satellite ne tourne pas sur lui-même.

qu'aux colonnes d'Hercule, rien n'étant venu confirmer ni l'existence de l'Antiterre ni celle du feu central, on supprima la planète hypothétique et on imagina de placer le feu central, le foyer du Monde, ἑστια, dont nous parlerons plus loin, au centre même de la Terre. Celle-ci perdait donc son mouvement de *révolution*, mais on lui conserva sa *rotation* diurne.

A qui revint la paternité de ces transformations? Il est malaisé de le dire, mais il paraît certain qu'Héraclide du Pont fut, sinon l'inspirateur, au moins le partisan convaincu de la *rotation diurne de la Terre*, replacée au centre du monde.

Ce disciple de Platon, plus tard auditeur d'Aristote, ne s'astreignit à aucune doctrine : savant érudit et penseur original, il donna libre carrière à son imagination exubérante, riche d'idées bizarres et avide de récits merveilleux qui firent tort, peut-être, aux vues neuves et fécondes de son esprit inventif.

Nous lui devrions, en effet, bien plus que la rotation de la Terre. A propos d'un passage du *Timée* de Platon, sur les planètes Vénus et Mercure, Chalcidius expose comment Héraclide du Pont expliquait géométriquement le mouvement apparent et les élongations maxima de Vénus. Il est naturel de supposer qu'Héraclide étendait cette explication au mouvement apparent et aux élongations de Mercure : l'application, en effet, se fait d'elle-même, et si Chalcidius ne dit pas expressément qu'elle fut faite, c'est qu'il suffirait à son but de citer un exemple, celui de Vénus.

Dans cette explication, Héraclide conserve au Soleil son mouvement circulaire annuel autour du centre de la Terre en rotation sur elle-même ; mais *il fait, de Mercure et de Vénus, des satellites du Soleil*, dans le sens moderne du mot. La révolution annuelle du Soleil emportant avec lui ses deux satellites, explique le mouvement moyen apparent des deux planètes le long

du Zodiaque; leurs révolutions propres, de moindre durée, sur leurs orbites mobiles, rendent compte des variations de leur vitesse apparente, de leurs stations et de leurs rétrogradations périodiques : les grandeurs angulaires de leurs orbites, qui laissent la Terre en dehors d'elles, mesurées pour chacune d'elles par l'angle des deux tangentes menées du centre de la Terre à ces orbites, mesurent les plus grandes élongations des deux astres, à l'est et à l'ouest du Soleil; enfin, à leurs positions tantôt au-dessus, tantôt au-dessous du Soleil, c'est-à-dire tantôt plus éloignées, tantôt plus voisines de la Terre, se rattachaient les variations périodiques de leur éclat apparent.

Voilà bien, sinon le point de départ, au moins la première application très nette de la théorie de l'*épicycle simple*. Dans l'hypothèse d'Héraclide, en effet, Mercure et Vénus décrivent des *épicycles* — leurs orbites propres autour du Soleil — dont le centre décrit un *déférent* — l'orbite du Soleil autour de la Terre.

Héraclide s'arrêta-t-il en si beau chemin et, après avoir si bien disserté des planètes inférieures, laissa-t-il les planètes supérieures tourner autour de la Terre?

Schiaparelli l'a pensé d'abord : il s'en exprime nettement dans son mémoire *I precursori di Copernico nell' Antichità* (pp. 27-28).

Plus tard, dans son mémoire *Origine del sistema planetario eliocentrico presso i Greci*, une étude plus approfondie de la question l'amèna à une conclusion bien différente : Héraclide — ou quelqu'un de ses contemporains — se serait élevé jusqu'à la *conception complète du système tychonien*, avec, en plus, la rotation de la Terre sur elle-même.

Nous disons « Héraclide — ou quelqu'un de ses contemporains » — car les renseignements certains et précis — d'ailleurs très peu nombreux — que nous

possédons sur les vues astronomiques d'Héraclide, sont muets sur ce point, et l'on se tromperait étrangement en supposant que l'application de la théorie des *planètes inférieures*, telle que la conçoit Héraclide, aux *planètes supérieures*, dont les orbites contiennent la Terre, se fait d'elle-même. L'interprétation des mouvements apparents de Mars, par exemple, de ses stations, de ses rétrogradations et des variations de son éclat apparent, exige tout autre chose que le recours à l'*épicycle simple :* elle réclame, comme point de départ, une conception nouvelle, celle de l'*excentrique mobile*.

Une question préalable se pose donc : à l'époque d'Héraclide, la théorie des épicycles et des excentriques était-elle assez avancée pour qu'on ait pu s'en inspirer dans l'explication des phénomènes que nous offrent les planètes supérieures, et pour qu'on puisse aujourd'hui y recourir dans l'interprétation de documents souvent obscurs, pour s'aider à deviner ce qu'ils supposent ou ce qu'ils donnent à entendre ?

Dans ses *Recherches sur l'Histoire de l'Astronomie ancienne* (1892), P. Tannery avait déjà fait observer qu'un passage de Ptolémée, dans la Théorie des Planètes, devait faire conclure qu'une conception astronomique, semblable à celle de Tycho Brahe, avait certainement existé dans l'antiquité et avait été connue d'Apollonius de Perge. Il lui semblait toutefois qu'historiquement elle n'était apparue qu'après l'hypothèse héliocentrique d'Aristarque de Samos ; mais il la considérait comme la conséquence logique à laquelle auraient dû aboutir les anciens, s'ils ne s'étaient pas laissés entraîner par l'idée de n'employer qu'une seule des deux explications possibles des apparences planétaires, celle des épicycles et celle des excentriques mobiles.

Schiaparelli avait fait la même remarque dans son mémoire *I precursori*, et il la précise dans son mémoire *Origine :* l'hypothèse d'Héraclide sur les

mouvements des planètes inférieures, Mercure et Vénus, a reçu de son auteur, ou de quelqu'un de ses contemporains, son développement logique et son extension naturelle ; dès cette époque, 125 ans avant Apollonius de Perge, la théorie des épicycles et de l'excentrique mobile s'est trouvée suffisamment développée pour permettre l'explication des apparences célestes en supposant que le Soleil et la Lune circulent *autour de la Terre* immobile dans l'espace, et que les cinq autres planètes circulent *autour du Soleil, qui les emporte avec lui dans sa course annuelle.* L'hypothèse tychonienne qui, plus tard, devait suivre l'hypothèse copernicienne, l'aurait donc précédée dans l'antiquité.

Les preuves qu'en donne Schiaparelli sont tirées de l'analyse des théories des épicycles et des excentriques, telles qu'elles sont sorties des mains des astronomes-mathématiciens ; les textes qu'il apporte à l'appui de sa thèse, sur le degré de développement de ces théories à l'époque d'Héraclide, ne sont pas tirés de documents précis où l'on puisse suivre pas à pas le développement de ces théories et attacher une date à chacun de leurs progrès. Il a fallu beaucoup de science et beaucoup d'habileté pour interpréter ces témoignages, les rapprocher et en faire surgir un tout coordonné, un peu artificiel, mais de nature à s'imposer à l'attention des savants. Schiaparelli y a réussi : son argumentation « m'a convaincu quant au thème général, écrivait P. Tannery, et cela quoique je fusse porté beaucoup plutôt à croire que, de même que dans les temps modernes, l'hypothèse copernicienne avait, dans l'antiquité, précédé la tychonienne ». Et ailleurs, « depuis le mémoire de M. Schiaparelli, je ne vois pas de difficulté sérieuse à lui (Héraclide du Pont) attribuer la conception tychonienne complète ».

M. Th.-L. Heath ne partage pas ce sentiment. Il reconnaît, sans doute, que l'opinion de Schiaparelli s'impose

à l'attention : il la développe très fidèlement et avec ampleur, pèse les preuves, discute les conjectures, relit les textes qu'elle invoque et s'emploie à les comprendre avec beaucoup d'érudition et de sagacité ; mais il se refuse à admettre la conclusion qu'en tire le savant italien. C'est dans son livre qu'il convient de suivre cette intéressante discussion ; nous ne pouvons ici qu'en souligner les conclusions.

L'argumentation de Schiaparelli paraît à M. Th.-L. Heath « un tour de force ». La présomption y tient plus de place que la preuve : l'illustre historien accorde trop de confiance aux auteurs relativement récents, en interprétant ce qu'ils supposent ou laissent entendre sur l'époque très reculée où la théorie des excentriques et des épicycles aurait été mise sur pied. Cette théorie est née, sans doute, quand Héraclide émet son hypothèse sur les mouvements des *planètes inférieures*, mais elle mit plus d'un siècle à grandir et ne fut en possession de tous ses moyens que 125 ans plus tard, dans l'œuvre d'Apollonius de Perge. Si, au cours de cette longue période d'élaboration, elle s'est trouvée assez développée pour se prêter à l'invention de l'hypothèse tychonienne, ce n'est pas à Héraclide ou à un de ses contemporains, mais à un astronome *bien plus voisin d'Apollonius, sinon à Apollonius lui-même*, qu'en revient l'honneur.

Dans ce même mémoire *Origine*, Schiaparelli émet une autre conjecture qui fait d'Héraclide du Pont non plus seulement le Tycho Brahe, mais le Copernic de l'antiquité. Poussant jusqu'au bout l'idée de faire du Soleil le centre des révolutions célestes, il aurait été jusqu'à proposer, comme hypothèse à examiner, *la circulation de la Terre elle-même autour du Soleil.*

Le texte qu'invoquait Schiaparelli à l'appui de cette thèse pouvait ne pas paraître décisif ; dès longtemps

son obscurité avait exercé la sagacité des interprètes, mais il semblait à l'illustre historien que l'on pouvait, sans heurter la vraisemblance, le comprendre dans le sens que nous venons d'indiquer.

Il convient de rappeler ici que Schiaparelli suppose implicitement qu'Héraclide a inventé ou pu connaître l'hypothèse tychonienne. Si, avec M. Th.-L. Heath, on se refusait à l'admettre, la vraisemblance favoriserait une interprétation différente de ce texte ambigu, le seul qui soit ici en cause. Il est emprunté aux commentaires de Simplicius sur la Physique d'Aristote (1). Le disciple développe la doctrine du Maître sur la distinction entre les points de vue du *physicien* (nous dirions aujourd'hui du philosophe) et de l'astronome-mathématicien, en matière d'hypothèses. Celui-ci emprunte sans doute à l'observation la base de ses spéculations ; mais c'est au point de vue abstrait qu'il développe ses théories et dans le but d'arriver à une représentation idéale, à un *modèle géométrique* de l'univers. Il ne lui appartient pas de scruter les cieux pour en découvrir les mouvements vrais et en assigner les causes réelles. C'est la tâche du physicien (du philosophe). Le rôle de l'astronome est de nous renseigner sur la manière dont *va le monde* ; c'est au physicien que revient le soin de nous dire *ce qu'il est en réalité* et de quels mouvements, de quelles propriétés essentielles de la matière découlent les phénomènes sensibles, les *apparences* que son collègue astronome a eu simplement pour but d'interpréter, de *sauver*, en créant du monde un modèle géométrique approprié.

A ce propos et à titre d'exemple d'*hypothèse astronomique*, Simplicius transcrit un passage de Geminus

(1) *Simplicii in Aristotelis Physicorum libros quatuor priores commentaria*, II, 2, 193 b. 23, p. 292, l. 20-23 de l'éd. H. Diels (1882).

où se rencontre la phrase énigmatique qu'il s'agit de comprendre. La voici :

Διὸ καὶ παρελθών τίς φησιν Ἡρακλείδης ὁ Ποντικός, ὅτι καὶ κίνουμένης πως τῆς γῆς, τοῦ δὲ ἡλίου μένοντός πως δύναται ἡ περὶ τον ἥλιον φαινομένη ἀνωμαλία σῴζεσθαι.

Demandons-nous d'abord quel est le phénomène, l'apparente irrégularité (φαινομένη ἀνωμαλία) qu'il s'agit de sauver (σῴζεσθαι), et quelle est l'hypothèse astronomique que l'on propose pour atteindre ce but ?

Étymologiquement, le mot ἀνωμαλία signifie défaut d'uniformité, inégalité. Comme terme d'Astronomie, il signifie spécialement une variation régulière et périodique de la vitesse apparente des astres errants. Comme les astronomes grecs admettaient *à priori* que tous les mouvements célestes devaient être circulaires et uniformes, ces variations de vitesse ne pouvaient être que de fausses apparences (φαινομένη) qu'il s'agissait d'expliquer. L'anomalie dont il est ici question (ἡ περὶ τὸν ἥλιον φαινομένη ἀνωμαλία), est la grande anomalie des planètes, celle dont dépendent leurs stations et leurs rétrogradations, celle qu'Hipparque et Ptolémée appellent ἡ πρὸς τὸν ἥλιον ou ἡ παρὰ τὸν ἥλιον ανωμαλία.

Et comment la *sauvera-t-on ?* On le peut de différentes manières ; entre autres en supposant « *la Terre se mouvant d'une certaine façon* » — non pas en tournant simplement sur elle-même, ce qui ne sauverait rien, mais en *tournant autour du Soleil comme les autres planètes*, — « *le Soleil restant en repos d'une certaine façon* », en tant qu'il est le centre des mouvements des planètes. Bref, l'hypothèse proposée comme pouvant aussi sauver la grande anomalie planétaire, c'est l'*hypothèse copernicienne*.

Et à qui revient l'honneur de l'avoir proposée ? C'est ici que le texte que nous analysons tourne à l'énigme.

Au premier regard, il semble qu'il faille traduire :

« C'est pourquoi aussi *un certain Héraclide du Pont* s'étant présenté dit etc. » Mais comme le remarque Schiaparelli, il est inadmissible qu'un historien des sciences tel que Geminus se soit exprimé ainsi, « un certain Héraclide du Pont » en parlant d'un philosophe célèbre dans l'antiquité et que Cicéron, contemporain de Geminus, entoure du plus grand respect. C'est vraisemblablement cette considération qui a fait admettre dès longtemps que le *texte est corrompu*, et a amené les interprètes à le corriger. Parmi leurs conjectures, deux surtout nous intéressent.

L'édition aldinienne (1526) du texte grec des commentaires de Simplicius, intercale ici, après le mot Ποντικός, le mot ἔλεγεν. On peut alors traduire ainsi : « C'est pourquoi aussi, quelqu'un s'étant présenté (pour parler), dit Héraclide du Pont, disait qu'il est possible aussi que, la Terre etc. ». Dans ces conditions, la fin de la phrase serait bien d'Héraclide, dont l'auteur qui la cite semble lire les œuvres (φησίν au présent) ; elle pourrait être extraite d'un dialogue où plusieurs personnages, comme dans le *Banquet* de Platon, prenaient tour à tour la parole pour traiter une question proposée. Le mot « aussi » (καί), répété par le personnage mis en scène (τίς), indiquerait qu'avant lui un ou plusieurs autres avaient déjà signalé des moyens de sauver l'anomalie dont il s'agit. Rien même ne s'opposerait à ce que l'on vît dans le personnage désigné seulement par le pronom indéfini *quelqu'un*, l'auteur même du dialogue. Cicéron, qui admirait les œuvres d'Héraclide, nous dit, en effet, que, dans ses dialogues, il évite de figurer sous son propre nom et confie à quelqu'un de ses personnages le rôle qu'il prétend y tenir.

Telle est l'interprétation de Schiaparelli, celle qui fait d'Héraclide le devancier d'Aristarque et l'émule de Copernic.

Revenons au texte primitif, non arbitrairement com-

plété par l'intercalation du mot ἔλεγεν. Il est corrompu, c'est entendu : mais il ne s'ensuit pas qu'il faille y ajouter quelque chose. « La meilleure façon de le corriger me paraît être, dit P. Tannery, de *regarder le nom d'Héraclide du Pont comme passé dans le texte, de la marge où il aura été mis pour expliquer le mot quelqu'un* (τίς). » Un lecteur demi-savant et très inattentif, sachant qu'Héraclide du Pont a défendu la *rotation de la Terre*, voyant ici un personnage *anonyme* préconiser *un certain mouvement de la Terre*, et s'imaginant, sans y réfléchir davantage, qu'il s'agit de cette *rotation*, aurait inscrit, en marge de son manuscrit, le nom d'Héraclide qui n'avait rien à voir dans cette affaire. Et ce serait ainsi qu'en voulant compléter le texte, ce lecteur malhabile en aurait amené un autre à le corrompre.

S'il en est ainsi — et c'est l'opinion qu'adopte M. Th.-L. Heath - le nom d'Héraclide n'offre ici aucune garantie d'authenticité, et dans l'ignorance où nous sommes de l'époque où le texte a pu être altéré, il est permis de supposer qu'un lecteur mieux informé et plus attentif aurait écrit, en marge de son manuscrit, le nom d'Aristarque de Samos à la place de celui d'Héraclide du Pont.

L'antiquité admira, dans Aristarque, le géomètre de talent et l'habile observateur ; mais le système astronomique qu'il avait inventé ne fut pour rien dans sa réputation. Le livre où il l'avait exposé et défendu fut tôt perdu, et nous eussions ignoré qu'il ait été écrit, si le hasard n'avait amené Archimède à nous en conserver la substance. Ptolémée n'en eut cure, et le silence où il ensevelit l'hypothèse héliocentrique la fit bientôt oublier. Il fallut que Copernic la réinventât, sans que les vues de son prédécesseur lui fussent d'aucun secours. Si l'on dressait la liste des ancêtres scienti-

fiques du Chanoine de Torn, Héraclide y figurerait, mais Aristarque en serait absent.

Il est vrai que Copernic a pu lire le Traité *Des dimensions et des distances du Soleil et de la Lune* — une traduction latine par George Valla avait paru en 1448 et en 1498 — mais Aristarque suppose, dans ce Traité, la Terre immobile au centre du monde, ce qui est de nature à faire naître, dans l'esprit du lecteur, un doute sur la légitimité de l'attribution, à son auteur, de vues tout opposées.

Quant au témoignage si clair et si précis d'Archimède, Copernic l'a ignoré, comme la plupart des astronomes de son temps. Ce n'est qu'en 1543, en effet, l'année même de sa mort, que parut la première édition, en latin, des œuvres d'Archimède, celle de Nicolas Tartalea ; encore est-elle incomplète et l'*Arénaire* n'y figure-t-il pas. D'ailleurs deux passages seulement du livre *De Revolutionibus orbium cœlestium* font allusion aux opinions des anciens sur le mouvement de la Terre. Le premier se trouve dans l'épître dédicatoire au Pape Paul III. Là Copernic rappelle qu'il a lu dans Cicéron qu'un certain Nicetas (Hicetas) avait attribué à la Terre un mouvement de rotation, et, dans Plutarque, que d'autres avaient partagé cette opinion ; et il cite ce passage du Pseudo-Plutarque, *De Placitis Philosophorum* (1) : « Philolaus le pythagoricien dit que la Terre se meut autour du feu le long d'un cercle oblique, de la même manière que le Soleil et la Lune ». Il n'est point question d'Aristarque.

L'autre passage se rencontre dans le livre I, c. 5, *An Terræ competat motus circularis, et de loco ejus.* Après une allusion à Héraclide, Ecphantus et Nicetas (Hicetas), qui admettaient la rotation de la Terre sur

(1) Livre III, c. 13, (t. V, p. 325, Éd. G. N, Bernardakis, Lipsiæ, 1893, Teubner).

elle-même, au centre du monde, Copernic ajoute : « Nec adeo mirum fuerit si quis, præter illam cotidianam revolutionem, alium quemdam terræ motum opinaretur, nempe terram volvi, atque etiam pluribus motibus vagantem et unam esse ex astris Philolaus Pythagoricus sensisse fertur, Mathematicus non vulgaris ». Ici non plus le nom d'Aristarque n'intervient ni dans le texte de Copernic ni dans la note qu'y ajoute Nicolas Müller (1).

Chose curieuse, remarque M. Th.-L. Heath, Copernic a cependant mentionné la théorie d'Aristarque dans ce passage de son manuscrit *qu'il supprima plus tard :* « Credibile est hisce similibusque causis Philolaum mobilitatem terræ sensisse, quod etiam nonnulli Aristarchum Samium ferunt in eadem fuisse sententia (2) ».

Gassendi, né un demi-siècle après la mort de Copernic, ne connaît Aristarque que par le Traité *Des dimensions*, et dans sa *Vie de Copernic*, il ne cite pas même son nom. Il est intéressant de rappeler comment le disciple expose la découverte de son illustre maître, ou du moins comment il imagine qu'il y fût conduit (3). Sa conjecture paraît très vraisemblable.

Il nous montre Copernic lisant tous les écrits des philosophes et des astronomes, scrutant tous leurs systèmes pour y glaner ce qui s'y trouve de vraisemblable sur la structure du Monde (4). Deux hypothèses appa-

(1) N. Copernici Torinensis, *Astronomia instaurata*, libris sex comprehensa, qui *de Revolutionibus orbium cœlestium* inscribuntur. Amstelodami, MDCXVII, p. 9.

(2) « *De Revolutionibus cœlestibus*, éd. Thorun., 1873, p. 34 note, quoted in Gomperz, *Grieschiche Denker*, i³, p. 432 » (note de M. Th.-L. Heath). — Dans la traduction française de l'ouvrage de Gomperz, par Aug. Reimond : *Les Penseurs de la Grèce*, Alcan, 1904, I, p. 132, note. L'édition de Copernic dont il est ici question est celle que publia la *Societas Copernicana* de Torn, d'après le manuscrit autographe.

(3) *Opera omnia*, Florentiæ, 6 vol. in fol., t. V, pp. 442 col. 2 et 443 col. 1.

(4) Copernic, dans son épître dédicatoire à Paul III, dit, en effet, qu'il s'est livré à ces recherches.

rentées retinrent surtout son attention — nous traduisons librement et en abrégeant un peu : « Celle de Martianus Capella (1) et celle que Copernic attribue à Apollonius de Perge (2). Martianus, comme les Égyptiens et d'autres anciens, place le Soleil entre la Lune et Mars, et en fait le centre des révolutions de Mercure et de Vénus, qui se trouvent tantôt au-dessus, tantôt en-dessous, tantôt aux côtés du Soleil ; mais il fait, de la Terre, le centre des révolutions de la Lune, du Soleil et des planètes Mars, Jupiter et Saturne. Apollonius au contraire, choisit le Soleil non seulement comme centre des mouvements de Mercure et de Vénus, mais comme centre des révolutions de Mars, de Jupiter et de Saturne, tandis que le Soleil, comme la Lune, tourne autour de la Terre, qui serait aussi le centre des fixes et du monde. Ce fut plus tard l'opinion de Tycho Brahe. Copernic apprécia hautement ces deux opinions, parce que toutes deux représentaient à merveille les divagations de Mercure et de Vénus et rendaient excellemment compte de leurs rétrogradations, de leurs directions, de leurs stations apparentes, et que la seconde expliquait en outre ces mêmes phénomènes présentés par les trois planètes supérieures. Toutefois, Copernic comprit très bien que même cette dernière hypothèse s'arrêtait en chemin ; elle faisait, sans doute, du Soleil, le centre des corps célestes principaux, mais non le centre de l'univers, et en conservant ce rôle à la Terre, elle donnait au Soleil et au cortège des planètes qu'il emporte avec lui, non seulement un mouvement annuel, mais un mouvement diurne qui les disséminent çà et là dans le ciel.

(1) *De Revolutionibus*, liv. I, c. 10. Nous dirions aujourd'hui celle d'Héraclide du Pont.

(2) Allusion, sans doute, au liv. V du traité *De Revolutionibus*, où les théories d'Apollonius sont mises à profit et le nom plusieurs fois rappelé, c. III, c. XXV, etc.

» Aussi, sachant que les Pythagoriciens avaient écarté la Terre du centre du monde et avaient placé là, dans le lieu la plus noble, le plus noble des astres, le Soleil, il comprit que l'on réaliserait un tout plus harmonieux en échangeant les rôles : en plaçant le Soleil immobile au centre et en faisant mouvoir la Terre autour du Soleil. Car alors, imitant l'heureuse audace de Nicetas (Hicetas), Ecphantus, Héraclide et d'autres qui, tout en maintenant la Terre au centre, lui accordaient un mouvement de rotation sur elle-même, d'Occident en Orient, s'accomplissant en 24 heures et ramenant la succession du jour et de la nuit, notre planète recevrait le rôle de premier moteur, et la sphère des fixes et toutes les planètes seraient affranchies du mouvement qui semble les emporter de l'Orient vers Occident... »

Ce sont bien là, semble-t-il, les abords du chemin qui conduisit Copernic à l'hypothèse de la rotation de la Terre et au système héliocentrique (1). Les Pythagoriciens l'ont aidé à y entrer, mais Aristarque qui le précédait ne lui fut d'aucun secours. Si Copernic n'a pas ignoré son nom, il a douté de sa doctrine.

III

La seconde partie du livre de M. Th.-L. Heath nous retiendra moins longtemps. Elle comprend quatre chapitres : I. *Aristarchus of Samos* (pp. 299-316), que nous avons rattaché à la première partie. — II. *The Treatise on Sizes and Distances. History of the Text and Editions* (pp. 317-327). — III. *Content of the Treatise* (pp. 328-336). — IV. *Later Improvements on Aristarchus's Calculations* (pp. 337-350). Viennent ensuite *Greek Text, Translation and Notes. Comments*

(1) *De Revolutionibus*, l. V, c. II, l. I, c. IV.

of Pappus (pp. 351-414). Une table alphabétique des matières achève le volume et en rend le maniement très aisé.

Nous ne nous attarderons pas aux détails de la méthode qu'emploie Aristarque pour déterminer, en fonction du diamètre de la Terre, ses distances au Soleil et à la Lune, et les diamètres de ces deux astres. Son invention remonte vraisemblablement à Eudoxe, et elle est la seule que les anciens aient faite en ce genre.

Le centre S du Soleil, celui de la Lune L et celui de la Terre T, forment un triangle SLT qui, *au moment précis de la dichotomie* — quand le disque de la Lune se montre à nous divisé en deux parties égales, l'une brillante et l'autre obscure — est rectangle en L. L'angle T, l'élongation de la Lune, est accessible à l'observation ; Aristarque le suppose égal à 87° au moment de la dichotomie — valeur très grossièrement approchée par défaut. Il reste donc, à ce moment, 3° pour l'angle en S, dont le sinus est le rapport des distances TL et TS, ou des parallaxes horizontales du Soleil et de la Lune.

Si l'on suppose — comme le fait Aristarque — les diamètres angulaires de ces deux astres *égaux entre eux*, quelle que soit leur valeur commune, le rapport des distances TL et TS est égal à celui des diamètres linéaires l et s de la Lune et du Soleil, et le triangle SLT en fait connaître la valeur.

Il reste maintenant à demander à l'observation des éclipses de Lune, la largeur du cône d'ombre terrestre dans la région où notre satellite le traverse. Aristarque la suppose égale au double du diamètre de la Lune, valeur trop faible. De ces données, et en prenant le diamètre de la Terre pour unité, le calcul tire les valeurs numériques des grandeurs TL, TS, l et s.

La solution du problème est très simple pour qui connaît la trigonométrie, mais elle manquait à Aristarque, et c'est en recourant à la géométrie élémentaire qu'il arrive à fixer, pour chacune de ces grandeurs, deux nombres déterminés qui la comprennent.

Il est superflu d'insister sur le manque absolu d'exactitude *pratique* de cette méthode : l'instant précis de la dichotomie n'est pas saisissable. Tout son mérite est dans sa simplicité théorique. Aristarque a su lui donner une rigueur vraiment géométrique et a fait preuve, en la maniant, d'un réel talent de calculateur. C'est par là que son Traité mérite de retenir l'attention des mathématiciens.

Quant aux résultats pratiques qu'il a su en tirer — la mesure des distances du Soleil et de la Lune et celle des diamètres de ces deux astres — ils n'ont plus qu'un intérêt de curiosité. Il n'est pas inutile toutefois de les rappeler.

La revue SCIENTIA publiait récemment (1) l'analyse d'un ouvrage de M. Bigourdan, que nous n'avons pu consulter (2). L'auteur de cet article, M. F.-W. Henkel, écrit ceci : « On dit qu'Aristarque de Samos avait couru le risque d'être brûlé comme hérétique pour avoir affirmé que le Soleil est plus grand que le Péloponèse ; il est difficile de s'imaginer le risque qu'il eût couru s'il avait affirmé que le Soleil est beaucoup plus grand que la Terre même ! » — Ce n'est point d'Aristarque, mais d'Anaxagore, contemporain et ami de Périclès, que l'histoire ou la légende raconte pareille mésaventure, moins toutefois le bûcher que remplace l'amende, ou la prison, ou l'exil ; moins aussi la précision sur le motif de la peine où, à l'impiété, se mêlent

(1) Septième année, 1, 1, 1913, p. 104.

(2) *L'Astronomie. Évolution des idées et des méthodes.* Un vol. in-16, de VII-400 pages *(Bibliothèque de Philosophie scientifique)*, Paris, E.-Fl. Flammarion, 1912.

des raisons politiques. Ce qui est certain, c'est qu'Aristarque, dans son Traité, s'emploie à démontrer que le rapport du diamètre du Soleil à celui de la Terre est plus grand que $\frac{19}{3}$ et moindre que $\frac{43}{6}$. Le nombre $6\frac{3}{4}$ est compris entre ces limites : il a donc enseigné, et sans courir de ce chef le moindre risque, que la surface du Soleil était plus grande que 45 fois celle de la Terre, et son volume plus de 307 fois celui de notre planète. C'est peu, sans doute, beaucoup trop peu, mais nous sommes loin des dimensions du Péloponèse.

Serait-ce pour avoir fait tourner la Terre autour du Soleil qu'Aristarque aurait été accusé d'impiété et menacé du bûcher ?

Delambre, dans son *Histoire de l'Astronomie ancienne* (1), faisant allusion au passage de l'*Arénaire* qui attribue au Samien l'hypothèse héliocentrique, ajoute : « Archimède n'est pas le seul qui ait rendu ce témoignage à la mémoire d'Aristarque. Plutarque, au livre II des *Opinions des Philosophes*, chapitre XXIV, dit qu'Aristarque rend le Soleil immobile, *aussi bien que les étoiles*, et qu'il fait tourner la Terre autour du *cercle solaire*, c'est-à-dire, sans doute, le long de l'écliptique ; il ajoute que *ses inclinaisons font que le disque est obscurci*. Ce passage obscur est sans doute altéré ; on peut conjecturer que l'auteur aura voulu dire que le mouvement de rotation (de la Terre) servait à expliquer le jour et la nuit. *Il dit ailleurs qu'Aristarque fut accusé d'impiété.* »

Arago, dans son *Astronomie populaire* (2), puise à la même source le même renseignement et il y ajoute, toujours sur la foi de Plutarque, une étrange histoire : « Aristarque de Samos, dit-il, qui vivait vers l'an 280 avant Jésus-Christ, supposa, suivant Archimède et

(1) Paris, 1817, t. I, p. 80.
(2) Tome II, p. 242.

Plutarque, que la Terre circulait autour du Soleil, *ce qui le fit accuser d'impiété.*

» Cléanthe d'Assos, qui vivait vers l'an 260 avant Jésus-Christ, serait, suivant Plutarque, *le premier* qui aurait cherché à expliquer les phénomènes du Ciel étoilé par *le mouvement de translation de la Terre autour du Soleil combiné avec le mouvement de rotation de cette même Terre autour de son axe.* L'explication était, suivant l'historien, tellement neuve, tellement contraire aux idées reçues généralement, que différents philosophes proposèrent de diriger contre Cléanthe une accusation d'impiété, *ainsi qu'on l'avait fait contre Aristarque.* » Remarquons la contradiction qui est ici manifeste : si l'accusation portée *contre Cléanthe a suivi celle portée contre Aristarque*, et pour le même objet, Cléanthe n'est pas « le premier » qui ait fait tourner la Terre autour du Soleil et sur elle-même. Mais là n'est pas le côté intéressant de cette histoire.

Voici où elle s'embrouille. On lit dans l'*Encyclopédie britannique* (11e édition) au nom d'Aristarque de Samos : « Il est célèbre pour avoir le premier soutenu que la Terre tourne autour du Soleil. *Il fut pour cela accusé d'impiété par le stoïcien Cléanthe*, comme Galilée fut plus tard attaqué par les Théologiens ». Ici Cléanthe n'est plus l'accusé mais l'accusateur : ses vues sur le système du monde n'étaient donc pas celles d'Aristarque.

Voyons ce qu'a pu dire Plutarque.

Le premier passage qu'invoque Delambre est emprunté au traité *Des opinions des Philosophes* (1) : « Aristarque range le Soleil parmi les astres fixes, il fait mouvoir la Terre le long du Cercle du Soleil (l'éclip-

(1) *Plutarchus. Moralia*, edidit G. N. Bernardakis, V, p. 311, Lipsiæ, Teubner, 1893.

tique) et grâce aux inclinaisons de la Terre, le disque est placé dans l'ombre (σκιάζεσθαι τὸν δίσκον) ». — « Ce passage obscur (à la fin) est sans doute altéré », dit Delambre. En effet, il existe une autre leçon où les mots τὸν δίσκον ont disparu, et, comme l'a montré Schiaparelli, c'est vraisemblablement celle qui mérite confiance. S'il en est ainsi, ce n'est plus le disque du Soleil, mais la Terre elle-même qui est *mise à l'ombre* suivant ses inclinaisons : il ne s'agirait pas, comme le conjecture Delambre, de la *rotation de la Terre* servant à expliquer *le jour et la nuit*, mais du phénomène des saisons dont on signale ici les causes dans l'hypothèse copernicienne.

Plutarque « dit ailleurs, poursuit Delambre, qu'Aristarque fut accusé d'impiété ». — En effet, il le dit dans le traité *De facie in orbe Lunæ* (1). Là, plusieurs philosophes discutent entre eux sur la Lune. Le stoïcien Φαρνάκης réclame, d'un ton de mauvaise humeur, quelque explication. « Volontiers, mon bon, lui répond en riant son interlocuteur (Λεύκιος), seulement n'allez pas nous accuser d'impiété à la façon de Cléanthe qui croyait du devoir des Grecs d'intenter un procès d'impiété à Aristarque de Samos, pour avoir mis en mouvement le foyer du Monde (ὡς κινοῦντα τοῦ κόσμου τὴν ἑστίαν) (2) dans le but de sauver les apparences (φαινόμενα σῴζειν), en supposant que le Ciel est immobile et que la Terre se meut suivant un cercle oblique (l'écliptique) tout en tournant sur elle-même (3) ».

Tout cela est très clair. Cléanthe veut la Terre au repos, parce qu'elle est le centre du monde, le foyer de l'Univers, l'Ἑστια qui ne court pas à l'aventure. Et il

(1) Même volume de l'édition Bernardakis, p. 410.

(2) Ἑστια, le foyer du Monde placé au centre de la Terre ; la déesse (Vesta chez les Romains) qui préside au foyer ; chez les philosophes, la personnification de la Terre considérée comme le centre du Monde.

(3) Aristarque aurait donc admis non seulement la translation mais la rotation de la Terre.

accuse Aristarque d'impiété pour l'avoir lancée dans l'espace.

Mais alors où Arago a-t-il vu que Cléanthe est le premier inventeur de l'hypothèse héliocentrique ? — Dans ce passage même de Plutarque que nous venons de citer. La méprise tient à une circonstance singulière dont le hasard heureusement n'est pas prodigue.

Il existe, en effet, de ce texte de Plutarque une autre leçon, où les noms d'Aristarque et de Cléanthe échangent leurs désinences : Aristarque, qui est à l'accusatif (Ἀρίσταρχον) dans la leçon que nous venons de suivre et qui est la bonne, passe au nominatif (Ἀρίσταρχος) dans celle-ci, et Cléanthe, qui était au nominatif (Κλέανθης), passe à l'accusatif (Κλέανθη) ; l'adjectif Σάμιον reste, dans les deux textes, à l'accusatif, ce qui trahit la corruption. Ainsi, les rôles sont ici intervertis : c'est Aristarque qui accuse Cléanthe d'impiété pour avoir fait tourner la Terre autour du Soleil. Voici ce que devient le passage cité dans la traduction d'Amyot qui suit cette leçon incorrecte :

« Lucius adonc en se riant, ie le veux bien, dit-il, beau sire, prouueu seulement que tu ne nous accuses point d'impiete, côme Aristarchus estimoit que les Grecs ensemble deuoient mettre en iustice Cleanthes le Samien et le condamner de blaspheme encontre les dieux, comme remuant le foyer du monde, d'autant que cest homme taschant à sauver les apparences, supposoit que le ciel demeuroit immobile, et que c'estoit la terre qui se mouvoit par le cercle oblique du Zodiaque, tournant alentour de son axieu (1) ». C'est à cette source, sans doute, qu'Arago a puisé.

J. F. Weidler cependant avait attiré l'attention des

(1) *Les œuvres meslees de Plutarque*, Paris, Michel de Vascosan, MDLXXIII, vol. III du tome II, au verso de la p. 694.

astronomes sur cette corruption du texte de Platon (1), et Lalande s'était fait l'écho de cet avertissement (2). Arago n'y aura pas pris garde. Mais faire d'Aristarque l'accusateur de Cléanthe, inventeur du système héliocentrique, lui aura paru trop fort, et il s'est tiré d'embarras en faisant peser sur Aristarque et sur Cléanthe une accusation anonyme pour avoir, tous deux, fait tourner la Terre autour du Soleil. Et c'est ainsi que Cléanthe, l'ancien boxeur — πρῶτον ἦν πύκτης, dit Anthistène, cité par Diogène Laërce — plus tard disciple et successeur de Zénon, et l'auteur d'un écrit contre Aristarque, Πρὸς Ἀρίσταρχον, où à défaut de raisons astronomiques, sans doute, il appelle Ἑστία à son secours, devient le premier inventeur du système héliocentrique chez ceux qui s'inspirent d'Arago (3), induit en erreur par un texte corrompu de Plutarque.

Cléanthe est mort vers 232 avant notre ère, et Aristarque un peu plus tard : celui-ci a donc pu lire le pamphlet du Stoïcien ; nous ignorons s'il a jugé bon d'y répondre. C'est à cela que se réduit cette histoire de bûcher.

Achevons de citer M. F. W. Henkel. « Mais ni les anciens astronomes, ni ceux du moyen âge ne semblent avoir eu la plus faible idée de ses dimensions réelles (du Soleil), et si on leur avait dit que son diamètre était

(1) *Historia Astronomiæ*, 1741, p. 128. « In Plutarchi fragmento legunt aliqui ὥσπερ Ἀρίσταρχος ᾤετω δεῖν Κλεάνθη τὸν Σάμιον etc. ac si Cleanthes ab Aristarcho impietatis fuisset accusatus. Verum testimonium Archimedis, qui Aristarchum terræ mobilitatem asseruisse scribit, omni exceptione majus est : et a Laertio in V(ita) Cleanthis L. VII, p. 594, memoratur hujus liber adversus Aristarchum. Quare sic emendandus est Plutarchi locus : ὥσπερ Ἀρίσταρχον ᾤετο δεῖν Κλεάνθης τὸν Σάμιον, etc. Cleanthes enim non fuit Σάμιος sed Ασσιος. Vid. Laert. in vita ejus. Add. Menagius ad Laert. VIII, 85, et Fabricius III, 5, 14.

(2) *Astronomie*, t. I, Paris, MDCCXCII, p. 112.

(3) Et ce ne sont pas toujours des vulgarisateurs. Voir G. F. Chambers, F. R. A. S., *A Handbook of descriptive and practical Astronomy*, fourth edition. Oxford, 1889, t. I, p. 72.

10 fois plus grand que celui de notre planète, et sa distance 40 fois plus grande que celle de la Lune, ils auraient considéré ces nombres comme tout à fait fantastiques ».

Le tableau suivant que nous empruntons au livre de M. Th.-L. Heath précisera cette appréciation, au moins pour ce qui regarde les astronomes de l'antiquité.

L'unité choisie est le diamètre moyen de la Terre (1) :

	Moyenne distance de la Lune à la Terre	Diamètre de la Lune	Moyenne distance du Soleil à la Terre	Diamètre du Soleil
Aristarque . . .	9 1/2	0,36	180	6 3/4
Hipparque . . .	33 2/3	0,33	1245	12 1/3
Posidonius . . .	26 1/5	0,157	6545	39 1/4
Ptolémée	29 1/2	0,29	605	5 1/2
En réalité. . . .	30,2	0,27	11726	108,9

Ni les anciens astronomes ni ceux du moyen âge n'ont disposé de méthodes assez délicates pour déterminer une quantité aussi petite que la parallaxe du Soleil : elle restait noyée dans les erreurs de leurs observations. La difficulté était bien moindre pour notre

(1) Nous ignorons quelles dimensions Aristarque donnait à la Terre. Archimède, dans l'*Arénaire*, attribue à des auteurs qu'il ne nomme pas, d'avoir essayé de démontrer que la *circonférence de la Terre est de 300 000 stades*. Le mot stade, chez les Hellènes, pouvait avoir deux sens : il représentait une longueur bien définie de 600 pieds légaux, soit 185 mètres environ, ou un chemin correspondant à 240 pas tels qu'on peut les faire dans une longue marche, et pouvant varier de 0,60 à 0,70 mètre. C'est ainsi qu'on estimait les *distances itinéraires*, et il est probable que le stade dont parle Archimède est bien celui-ci. En supposant le pas moyen 0,65 m., 300 000 stades équivalent, en nombre rond, à 46 000 kilom., au lieu des 40 000 kilom. que mesure en réalité la circonférence de la Terre. Il est possible qu'Aristarque ait aussi exagéré les dimensions de notre planète.

satellite. Aussi, comme le dit M. F. W. Henkel, « la distance de la Lune, exprimée dans les termes du diamètre de la Terre, a été approximativement connue de bonne heure ».

Remarquons en passant que le tableau de M. Th.-L. Heath montre bien que Ptolémée, loin de contribuer au progrès de nos connaissances relatives au Soleil, les a plutôt fait rétrograder (1).

J. Thirion, S. J.

(1) Voir P. Tannery, *Recherches sur l'Histoire de l'Astronomie ancienne*. Paris, 1893, ch. XII, p 219.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES AUTOMOBILES

Depuis plusieurs années, de longues et patientes recherches ont été faites pour obtenir un éclairage satisfaisant des véhicules automobiles. Parmi les différents systèmes proposés, le pétrole, l'acétylène, l'incandescence par l'essence et l'électricité, cette dernière prend de jour en jour une importance plus grande. Elle offre en effet d'appréciables avantages sur ses concurrents qui tous présentent des inconvénients assez graves. Le pétrole depuis longtemps a été délaissé pour l'acétylène. Mais ce gaz a une mauvaise odeur, expose à des explosions et nécessite des manipulations désagréables. En hiver, l'eau servant à la décomposition du carbure peut geler. Le fonctionnement des brûleurs n'est pas toujours irréprochable, loin de là ! En cours de route, l'encrassement des becs, l'engorgement des canalisations, des dépôts de fumée etc., sont des causes d'ennuis perpétuels. L'acétylène dissous dans l'acétone, suivant le procédé de G. Claude et Hesse, supprime en grande partie ces désagréments et est d'un emploi plus pratique, mais il est aussi beaucoup plus coûteux. Quant à l'incandescence par l'essence, les principaux reproches qu'on peut lui faire sont le danger d'incendie, l'explosion possible et la fragilité des manchons.

L'éclairage électrique ne présente aucun de ces inconvénients. Il est fixe, propre, facile et agréable. Il ne craint pas les obstructions des conduites et est insensible aux intempéries comme aux changements de température. Point n'est besoin, pour avoir de la

lumière, d'arrêter la voiture et de devoir en sortir pour aller allumer les lanternes et les phares. En pleine marche, sans avoir à se déplacer, il suffit que le conducteur manœuvre un petit interrupteur placé à portée de sa main pour qu'immédiatement les projecteurs illuminent la route d'une clarté éblouissante ; l'intérieur du véhicule peut également être éclairé facilement. Les derniers Salons de Paris et de Bruxelles ont permis de se rendre compte, à ce point de vue, des merveilleux résultats auxquels on peut arriver.

L'Électricité permet l'emploi de phares avec réflecteurs paraboliques complets qui, pour une source lumineuse d'une intensité donnée, fournissent le faisceau éclairant maximum. A la traversée des villes et des villages les projecteurs peuvent rapidement et aisément être mis hors service. Enfin, il est possible d'utiliser de petites lampes mobiles qui en cas de dérangements en cours de route rendent des services très appréciables.

Le seul obstacle au développement de l'emploi de l'électricité est, il faut bien le reconnaître, le prix relativement élevé du matériel nécessaire. Cependant, quand on examine la chose de près, on constate que la différence de prix avec celui des autres modes d'éclairage n'est pas tellement grande. Si, de plus, on veut bien tenir compte de ses multiples facilités, dans la majeure partie des cas, on n'hésitera pas à faire la dépense d'une installation électrique.

C'est l'exposé des différentes manières de la réaliser convenablement qui fait l'objet de ce travail.

Le courant électrique nécessaire à l'éclairage peut provenir d'une batterie d'accumulateurs chargée au garage, ou d'un petit générateur spécial disposé sur le châssis et habituellement commandé par le moteur. La première disposition n'est pas à conseiller. Elle exige des rechargements fréquents et coûteux, effec-

tués souvent sans surveillance, ni soin. Si la batterie n'est pas suffisamment chargée au moment de se mettre en route, on risque de manquer de lumière quand on en aura besoin. De plus, en voyage, il n'est pas toujours possible de recharger la batterie à l'étape, et l'on est ainsi exposé ou à l'abîmer par suite de décharge trop prolongée, ou à ne plus pouvoir rouler le soir.

Si donc on désire retirer de l'électricité tous les avantages qu'elle comporte, il convient d'utiliser un générateur de courant disposé sur la voiture elle-même. Cette petite machine à très basse tension — 8 à 16 volts — reçoit d'une manière générale son mouvement de rotation du moteur. Celui-ci tournant à des vitesses variant constamment et qui passent de 0 à 3500 et 4000 tours par minute, il se pose pour l'électricien un problème des plus délicats à résoudre. Pour obtenir de bons résultats, il est en effet nécessaire que le voltage appliqué aux lampes soit constant, ou tout au moins que sa valeur reste comprise entre des limites assez rapprochées.

Habituellement, on arrange les choses de manière que la dynamo débite du courant à voltage normal, quand le véhicule se meut à une vitesse d'environ 15 à 20 Km. à l'heure. Au moyen de dispositifs spéciaux, la tension doit alors être maintenue constante jusqu'aux vitesses extrêmes de 100 Km. à l'heure et au delà. Quand l'automobile est au repos ou se déplace à faible allure, le courant est fourni par une batterie d'accumulateurs disposée en parallèle avec la dynamo.

On voit donc que les organes essentiels d'une installation d'éclairage électrique comportent, outre les lampes, les fils de connexion et les appareils de contrôle, un générateur de courant, une batterie et un conjoncteur-disjoncteur destiné à assurer le charge-

ment des accumulateurs et à mettre automatiquement en service l'une ou l'autre source de courant.

Les limites de tension auxquelles les lampes peuvent être soumises correspondent donc d'une part à la décharge presque complète des accumulateurs, d'autre part au voltage maximum de la dynamo. L'écart entre ces deux extrêmes dépasse de 25 °/₀ la valeur normale. Ils sont heureusement rarement atteints, car dans ces conditions l'intensité lumineuse des lampes à filament métallique, fortement influencée par les fluctuations du voltage, varie dans le rapport de 1 à 2,4. Ainsi, par exemple, une lampe de 4 volts, qui normalement a un pouvoir éclairant de 4 bougies, en donne 8 si la tension s'élève à 5 volts. Ceci montre l'importance qu'il y a de garder la tension aussi uniforme que possible. Le fait d'ailleurs de n'être pas absolument stable ne serait pas un défaut capital pour l'éclairage électrique. Il suffit pour s'en convaincre de le comparer à celui que donnent les meilleurs systèmes à acétylène, pour être persuadé qu'il lui reste supérieur.

Les dynamos utilisées pour l'éclairage des automobiles doivent être robustes et très bien étudiées. On ne peut leur trouver sur le châssis qu'un emplacement réduit ; leur service est extrêmement irrégulier et leur surveillance abandonnée le plus souvent aux soins d'un conducteur incompétent. La mise en circuit et hors-circuit de la batterie doit se faire automatiquement et sûrement. Le réglage de la tension doit être exact et s'effectuer d'une façon simple.

Ordinairement, on s'efforce de combiner des dispositifs qui ont pour but, malgré les variations de vitesse, de conserver constante la force électromotrice de la machine. Dans certains cas cependant c'est le courant débité qui est maintenu invariable. Il sert alors à charger à intensité constante les accumulateurs et on

tolère aux lampes les très faibles différences de voltage dues à l'état de charge de la batterie.

D'une manière générale, quel que soit le mode de régulation adopté, il faut observer qu'il dépend des conditions mécaniques et thermiques dans lesquelles se trouve la dynamo. Des essais peuvent être très satisfaisants au laboratoire, sans qu'on puisse affirmer qu'il en sera de même après quelques heures de fonctionnement sur route. A ce point de vue, les courbes publiées dans les prospectus de différents constructeurs n'ont pas toujours une valeur probante absolue.

On sait que la force électromotrice d'une dynamo à courant continu est donnée par l'expression $E = nN\varphi 10^{-8}$ dans laquelle E = la force électromotrice en volt, n = le nombre de fils à la périphérie de l'induit, N = la vitesse en tours par seconde, et φ = le flux inducteur.

Comme pratiquement on ne peut songer à faire varier le nombre de conducteurs sur l'induit, pour maintenir E constant, on ne sait agir que sur N ou sur φ. Suivant les moyens employés, on peut classer les machines en deux catégories ; celles à réglage mécanique et celles à réglage électrique.

Dans les premières on s'efforce de maintenir la vitesse de rotation de la dynamo uniforme. On fait usage dans ce but de dispositifs mécaniques qui, par suite de glissements ou sous l'action de la force centrifuge, empêchent l'induit de dépasser une vitesse maximum N donnée. Le flux φ doit alors être maintenu sensiblement constant. Dans les machines de la seconde catégorie on agit sur le champ magnétique de manière à le faire varier en sens inverse de la vitesse. On peut y arriver soit par l'induit, soit par l'inducteur. Dans la première classe on rencontre les dynamos basées sur la réaction d'induit et celles à balais auxiliaires. Avec les machines appartenant à la seconde classe, on fait

usage d'enroulements compounds, de rhéostats de champs automatiques etc. Enfin il convient de citer aussi les systèmes qui font usage de courant alternatif produit par magnétos spéciales.

Nous tâcherons de passer en revue le principe des meilleures solutions proposées pour ce problème compliqué, et dans ce but, pour la facilité de l'exposé, nous les classerons comme suit :

A. Courant Alternatif.

I. *Magnétone* — type Lutèce ;

II. *Alternateur à courant redressé* — générateur Becker.

B. Courant Continu.

I. *Réglage mécanique :*

a) par glissement :

1) à couple constant : dynamo Stone ;

2) à vitesse constante : dynamos Lucas, La Patineuse, Grada ;

b) par la force centrifuge : dynamos Dayton, Corléon.

II. *Réglage Électrique :*

a) réglage par l'induit :

1) types basés sur la réaction d'induit : dynamos C. A. V, Brolt, Decoster ;

2) types à balais auxiliaires : dynamos Rosenberg, Leitner, Trier et Martin, Ducellier, La Française, La Magicienne, Iglis, Stéréos ;

b) réglage par l'inducteur :

1) compoundage démagnétisant : dynamos Phi et Rushmore ;

2) rhéostats automatiques : dynamos Gallay, Phar, Eyquem ;

c) courant indépendant démagnétisant : dynamo Grob ;

d) Shunt magnétique : dynamo Farelec.

A. Courant Alternatif.

1) *Magnétos.* Au commencement de l'application de l'éclairage électrique aux automobiles, on a proposé d'utiliser un système analogue à celui employé par les cyclistes et qui consiste en une simple magnéto entraînée par friction sur un des pneumatiques. Ces petits appareils, pratiques et bon marché pour les bicyclettes, ne peuvent convenir pour l'auto. Ils deviennent alors trop coûteux, donnent des variations de tension inadmissibles et ne permettent pas d'avoir de la lumière à l'arrêt. De plus, ils fournissent du courant alternatif, ce qui exclut l'emploi d'accumulateurs. On a cependant construit des machines de ce type. La magnéto *Lutèce*, par exemple, peut donner 0,8 ampère sous une tension allant jusque 110 volts. L'inducteur est formé de quatre aimants en V qui tournent devant des bobines fixes. La puissance maximum s'élève à 88 Watts.

2) Pour pouvoir utiliser une batterie avec les machines à courant alternatif, on leur a adjoint un collecteur-redresseur. On obtient ainsi une tension

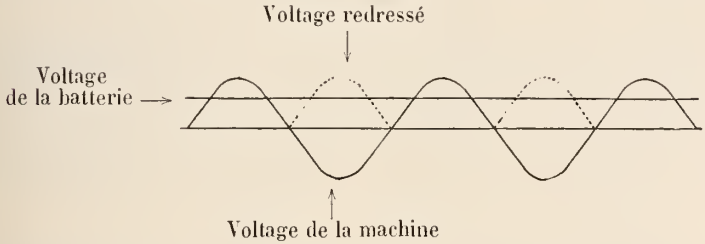


Fig. 1
Valeurs de la force électromotrice. Courbe sinusoïdale et redressée. (Magnéto-dynamo Becker).

pulsatoire qui a cependant encore l'inconvénient de présenter périodiquement des valeurs inférieures à celle des accumulateurs. On y obvie en intercalant, dans le circuit de charge, une bobine de self-induction,

dont le rôle est de retarder l'établissement du courant et de faire ainsi disparaître toute cause de perturbation. Ce résultat est plus facilement atteint, en n'utilisant le courant que pendant le temps où son voltage est supérieur à celui de la batterie (fig. 1). C'est ce qui est réalisé dans le système *Becker*. La machine, qui est un véritable petit alternateur, porte un collecteur formé de coquilles séparées par des segments isolants de manière à arrêter le courant quand la force électromotrice est trop faible. La charge des accumulateurs se fait ainsi dans de bien meilleures conditions qu'avec une simple bobine de self-induction. On peut d'ailleurs faire usage simultanément des deux dispositifs, ce qui offre l'avantage de permettre de réduire fortement la largeur des segments isolants.

Il convient de remarquer que le générateur Becker donne, sans précautions spéciales, une intensité de courant constante quelle que soit la vitesse.

On sait en effet que dans les alternateurs, on a la relation : $I_{eff} = \frac{E_{eff}}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$, R étant la résistance ohmique, ω la vitesse angulaire et L la self-induction. Si R est négligeable devant ωL, — condition réalisée dans le type qui nous occupe — comme on peut poser $E_{eff} = K\omega$, on obtient : $I_{eff} = \frac{K\omega}{\sqrt{\omega^2 L^2}} = \frac{K}{L} =$ constant.

B. Courant Continu.

I. *Dynamos à réglage mécanique.*

Le but du réglage purement mécanique est de garder invariable, autant que possible, la vitesse à laquelle tourne l'induit. C'est évidemment un des moyens les plus simples de résoudre le problème. *Les systèmes à glissement sont les plus importants de cette classe.* On peut les subdiviser en types à vitesse constante et à couple constant.

Le système *Stone*, très employé pour l'éclairage des

trains, se rattache à cette dernière catégorie. Le résultat cherché y est obtenu par le glissement de la courroie de commande reliant la poulie motrice à l'arbre de la dynamo. Ce moyen n'est pas à conseiller pour l'application aux automobiles. Dans ce cas, l'usage d'une courroie assujettie à devoir glisser, n'est pas à l'abri de toute critique ; l'expérience montre d'ailleurs que les résultats ne sont pas suffisamment satisfaisants. Ce qu'il importe de réaliser, c'est, autant que possible, la constance de la tension aux lampes, et non celle du couple appliqué à la machine. Dans les voitures de chemins de fer, où le débit de la dynamo ne varie guère, l'invariabilité du couple suppose, par le fait même, celle de la force électromotrice. Il en est tout autrement pour les véhicules automobiles. La charge oscille entre d'assez grandes limites et dès lors la vitesse de la dynamo devient d'autant plus élevée, que le nombre de lampes allumées est faible. Il en résulte des écarts de voltage absolument inadmissibles. C'est donc par conséquent aux types à vitesse constante qu'il faut faire appel pour obvier à cet inconvénient. Ces derniers sont ordinairement commandés par des embrayages spéciaux qui constituent l'organe de réglage. Étant exposés à des échauffements excessifs, par la manière dont ils travaillent, ces dispositifs exigent une lubrification soignée pour assurer leur bon fonctionnement.

Dynamo Lucas (fig. 2). L'embrayage est formé de deux plateaux coniques que des ressorts viennent presser l'un contre l'autre. Le premier de ces plateaux est solidaire de l'arbre de commande, sur lequel le second peut se déplacer librement. Entr'eux se trouve disposée une rangée de grosses billes. A faible vitesse, par suite de la pression des ressorts, les plateaux font corps et la dynamo est entraînée. Quand le nombre de tours à la seconde dépasse une valeur déterminée, les

billes chassées par l'action de la force centrifuge tendent à écarter les deux parties de l'embrayage et à en provoquer le glissement ; à partir de ce moment la vitesse de la dynamo reste sensiblement constante. L'avantage de ce dispositif est de pouvoir faire usage d'une machine de construction courante. Des essais faits sur un équipement Lucas, ont fourni les résultats suivants. La dynamo pouvait donner 3,8 ampères sous une tension moyenne de 12 volts et maximum de

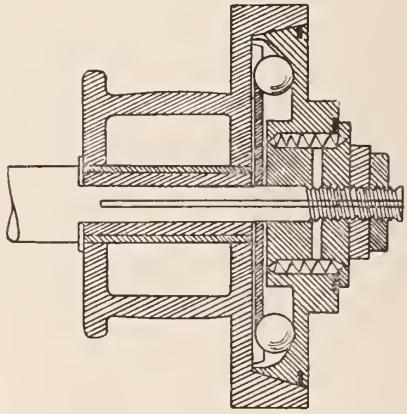


Fig. 2. — Embrayage Lucas.

13 volts ; elle est montée à 13,6 volts en mettant hors-circuit 3 lampes (côté et arrière) et à 14 volts en éteignant les phares. Ces variations ne sont pas tellement fortes, mais elles mettent cependant en évidence le peu de précision que permet d'obtenir ce système qui a encore en partie les défauts de ceux à couple constant. Pratiquement il est impossible de réaliser un mécanisme assez sensible pour supprimer totalement les fluctuations du voltage quand la charge augmente ou diminue.

Dynamo « La Patineuse ». La poulie de commande est montée folle sur l'arbre où elle est portée par des

roulements à billes. Deux sabots semi-circulaires viennent l'enserrer par l'intermédiaire de ressorts réglables ; au moyen de goupilles ils transmettent leur mouvement à l'induit de la dynamo. Selon le serrage des ressorts, le frottement des sabots peut être réglé de façon à produire le couple d'entraînement convenable. Quand la vitesse augmente, la force centrifuge tend à diminuer la pression et le glissement se produit plus ou moins, de manière que l'intensité demeure à peu près constante. Le conjoncteur-disjoncteur est également à force centrifuge ; il ferme le circuit sur les accumulateurs quand la vitesse nécessaire est atteinte.

Dynamo Grada. L'accouplement entre la poulie motrice et l'induit est obtenu par deux plateaux pressés l'un contre l'autre par un régulateur à force centrifuge ; un cuir interposé rend le frottement plus régulier. Quand la vitesse augmente, la force électromotrice s'élève ; mais comme la pression entre les plateaux diminue, il s'établit un équilibre et le courant reste constant, donc aussi la tension. D'après un certificat du laboratoire de l'Automobile-Club de France, le moteur passant de 461 à 1371 tours par minute, la vitesse de la dynamo a varié de 1248 à 1290 tours ; la différence de potentiel aux bornes demeurant de 7 volts. Les deux derniers types cités, *La Patineuse* et *Grada,* doivent plutôt être considérés comme appartenant à la catégorie du couple constant, bien que, par certains caractères, on puisse les rattacher, comme nous l'avons fait, à la classe des types à vitesse uniforme.

Systèmes basés sur l'action de la force centrifuge seule. Dynamo Dayton. Le régulateur à force centrifuge a pour but de maintenir la vitesse à une valeur donnée — 1400 tours. — A cet effet l'induit est entraîné par friction au moyen de deux sabots placés sous la dépendance du régulateur, qui en appuyant sur la poulie de commande la rendent solidaire de la machine.

Lorsque la vitesse augmente, sous l'action de la force centrifuge les sabots s'écartent, et sans qu'il se produise de glissement, la poulie tourne folle jusqu'à ce que l'induit subisse un ralentissement suffisant pour ramener au contact les organes d'entraînement. La dynamo reçoit une nouvelle impulsion, ralentit, et ainsi de suite.

Dans cette subdivision, on devrait signaler tous les types qui font appel à la force centrifuge pour déplacer des balais, agir sur un rhéostat de champ, etc. Comme ils reposent principalement sur les propriétés électriques des dynamos, nous les examinerons plus loin. Il faut cependant citer ici la *Dynamo Carléon* dont le réglage, très original, s'obtient par la variation de la grandeur de l'entrefer. Sous l'action de la force centrifuge, l'induit, légèrement conique, peut se déplacer suivant son axe entre les pièces polaires, coniques également. La course totale est de 3,5 centimètres environ. La machine donne une force électromotrice de 14 à 15 volts pour des vitesses comprises entre 1400 et 4000 tours par minute.

II. *Réglage électrique.*

a) *Réglage par l'induit :* 1) *Types basés sur la réaction d'induit.*

On sait que, quand une dynamo débite du courant, l'induit est le siège d'un champ magnétique en opposition avec le flux inducteur principal, qu'il vient déformer et diminuer. On peut se servir de cette propriété, en l'amplifiant, de manière à réduire le champ inducteur φ quand la vitesse N augmente.

La dynamo C. A. V. (brevet Midgley-Vanderwell-Glaenzer) repose sur ce principe. La régulation du voltage y est réalisée uniquement au moyen de la réaction d'induit renforcée par la position particulière des balais. Ceux-ci, au lieu d'être disposés à la ligne neutre, sont placés à la zone d'action maximum (fig. 3). Les bobines qu'ils mettent en court-circuit dans la com-

mutation se trouvant dans une région active du champ, sont le siège d'un courant intense qui donne lieu à un flux magnétique dont la direction est à angle droit avec celle du flux principal. L'effet de cette réaction d'induit est de produire une distorsion du champ inducteur et d'affaiblir celui-ci quand la vitesse augmente. La constance de la force électromotrice engendrée est ainsi maintenue.

La carcasse de la dynamo porte quatre pôles dont deux seulement sont embobinés. Dans ceux qui ne

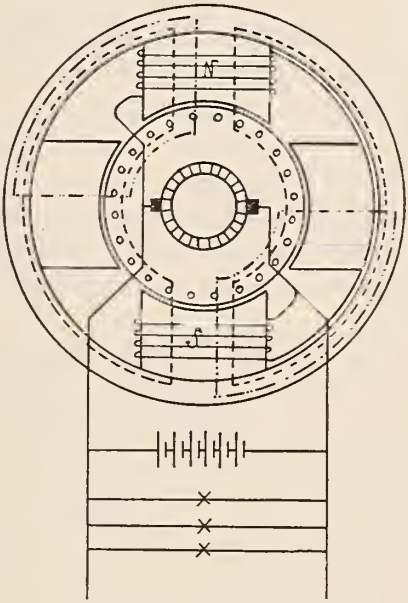


Fig. 3. — Dynamo C. A. V.
— — — Circuit magnét. principal. — · · — · · — Circuit magnét. secondaire.

portent pas d'enroulement, le flux magnétique est déterminé par l'action du courant de court-circuit des spires commutées, situées en regard des balais (fig. 3).

Le flux primitif qui traversait diamétralement l'ar-

mature d'un pôle à l'autre, est progressivement dévié et finit par n'intéresser qu'une partie de la machine en se fermant par les pôles auxiliaires. Cette explication, que donne le constructeur de la dynamo, ne paraît pas très exacte. Il semble beaucoup plus probable, d'après les expériences qui ont été faites, de considérer les deux dispositions de flux renseignées, comme se présentant simultanément et de supposer que leur valeur relative varie avec la vitesse.

Le point délicat de cette construction est d'arriver à réaliser une bonne commutation sans étincelle pour toutes les conditions de marche. A cet effet les balais ne sont pas calés exactement à la ligne géométrique des pôles auxiliaires, mais un peu en deçà dans une position déterminée empiriquement.

Quand le voltage normal est atteint, il se maintient d'une façon remarquablement fixe, quelle que soit la vitesse. Le courant débité a une valeur légèrement supérieure à celle requise pour l'alimentation des lampes, de manière à garder constamment la batterie en charge.

Dans le système C. A. V. on a de plus supprimé l'emploi du conjoncteur-disjoncteur, organe toujours quelque peu délicat. Pour cela, un accouplement libre à rouleaux est interposé entre l'arbre de la dynamo et l'induit, de sorte qu'à l'arrêt ou aux vitesses réduites, la machine puisse tourner en moteur sous l'action du courant qu'elle reçoit alors de la batterie dont la force électromotrice est devenue prépondérante. L'intensité absorbée dans ces conditions ne dépasse pas, au maximum 1,5 ampère.

Il convient enfin de noter que, quand les accumulateurs sont chargés, il est facile de mettre le générateur hors-circuit.

Dynamo Brolt (fig. 1). Elle comporte en principe deux balais très larges disposés à la ligne neutre, qui

mettent simultanément plusieurs sections de l'induit en court-circuit, celles qui se trouvent en face des balais (fig. 4). Elles donnent lieu à un flux antagoniste, proportionnel au courant dont elles sont le siège, et qui par conséquent dépend de la vitesse de rotation. Les pôles principaux sont ainsi affaiblis, dans une proportion telle, que, quel que soit le nombre de tours, la force électromotrice engendrée demeure la même.

Pratiquement, pour améliorer la commutation, au lieu de faire usage de larges balais, on les divise chacun

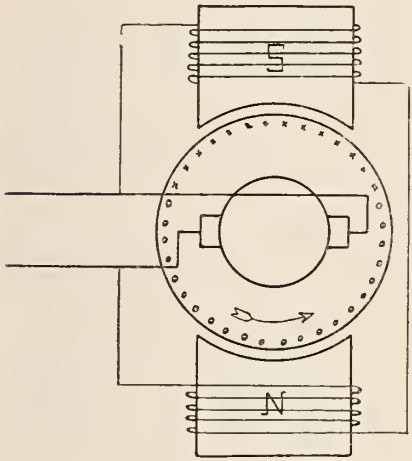


Fig. 4. — Dynamo Brolt.
Disposition théorique.

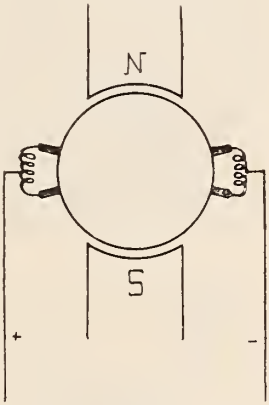


Fig. 5. — Dynamo Brolt.
Disposition pratique.

en deux parties connectées électriquement entr'elles et disposées de part et d'autre de la ligne neutre (fig. 5). Cette dynamo est de construction anglaise, comme d'ailleurs beaucoup d'autres types cités.

Dynamo Decoster. Ainsi que les précédentes, elle doit surtout son réglage à la réaction d'induit.

Le conjoncteur-disjoncteur porte, disposés sur un noyau en fer doux, deux enroulements distincts. L'un en fil fin pris en dérivation sur les balais, l'autre,

placé en série, et formé d'une vingtaine de spires de gros fil. Une armature maintenue écartée par un petit ressort peut être attirée quand l'action magnétique due au courant est suffisante. En venant se poser sur un bloc de cuivre elle établit alors la communication entre la dynamo et la batterie. Quand, par suite de ralentissement, l'intensité du courant débité par la machine décroît, le noyau s'écarte de l'armature et les accumulateurs assurent seuls l'éclairage. Un petit ressort permet d'effectuer exactement le réglage de l'appareil. L'auto-dynamo Decoster se construit en Belgique, à Wespelaer près de Thildonck.

2) *Types à balais auxiliaires.* Un grand nombre de dynamos font usage pour la régulation du voltage, d'un ou de deux balais auxiliaires. On peut les classer en deux catégories : celles où l'on utilise la réaction d'induit et celles où l'on déplace les balais intermédiaires.

a) *Réglage par réaction d'induit.*

Dynamo Rosenberg (fig. 6). C'est la plus importante de cette classe. Inventée en vue de l'application à l'éclairage des trains, son principe a été fréquemment repris sous l'une ou l'autre forme, par de nombreux inventeurs.

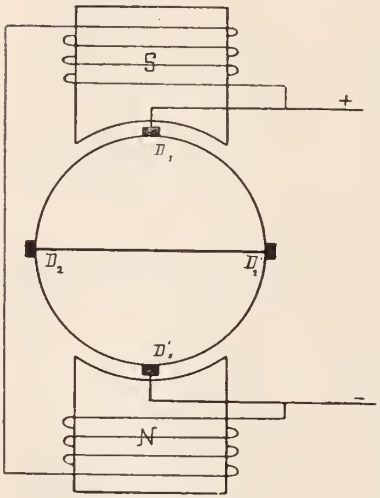


Fig. 6. — Dynamo Rosenberg.

A l'emplacement ordinaire, entre les cornes polaires, se trouvent les balais auxiliaires D_2 D'_2 réunis en court-circuit. Les autres servant à la sortie et au retour du courant sont disposés à angle droit, dans l'axe des pôles. Le champ magnétique principal est créé de cette

façon, non plus par le système inducteur, mais par l'enroulement de l'induit. Comme on le voit, la dynamo Rosenberg présente une certaine analogie avec les moteurs monophasés à collecteur genre Latour. Le courant débité donne lieu dans la machine à un flux magnétique en opposition avec celui des pôles inducteurs. Leur résultante dépend de la valeur du courant de court-circuit circulant entre les balais D_2 D'_2, valeur intimement liée elle-même à la vitesse de rotation. Sans donc entrer dans les détails du fonctionnement assez complexe de ce générateur, on comprend qu'il puisse se produire une autorégulation de la force électromotrice, qui pratiquement reste à peu près constante.

Dynamo Leitner (fig. 7). Chaque bobine Shunt reçoit son courant d'un balai principal $D_1D'_1$ disposé à la position ordinaire et d'un balai auxiliaire $D_2D'_2$ calé à 90° des premiers dans l'axe des inducteurs. La force contre-électromotrice due à la réaction d'induit, qui augmente avec la vitesse, donne lieu à un courant qui réduit de plus en plus le champ excitateur, de sorte que le voltage entre les balais principaux $D_1D'_1$ reste sensiblement constant.

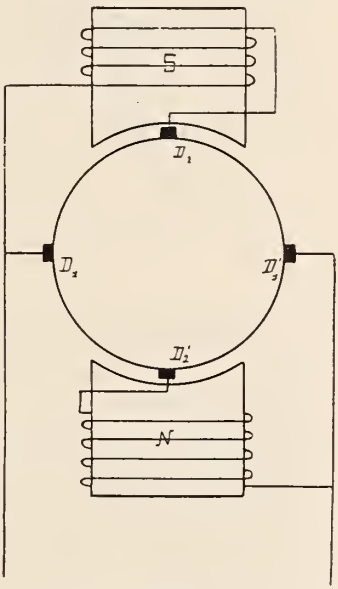


Fig. 7. — Dynamo Leitner.

Dynamo Trier et Martin (fig. 8). Elle diffère de la précédente en ce que les balais intermédiaires sont reliés aux balais principaux au lieu de l'être au fil de l'inducteur. Entr'eux se trouvent intercalées des résistances *c* et *c'*. Quand la

machine fonctionne à circuit ouvert, le courant dans la résistance c' ira de B' en A' et dans c de A vers B. L'effet de ce courant, qui évidemment passe aussi dans l'induit, entre A' et B' d'une part, B et A d'autre part, est de renforcer le champ principal. Lorsque la dynamo débite, sous l'effet de la réaction d'induit, l'axe du champ résultant est déplacé en avant dans le sens de la rotation. Ceci a pour effet de réduire le courant passant dans c et c' et par conséquent le flux magnétique auquel il donne lieu. Quand l'axe du champ résultant s'est incliné de 45°, il n'y a plus de courant

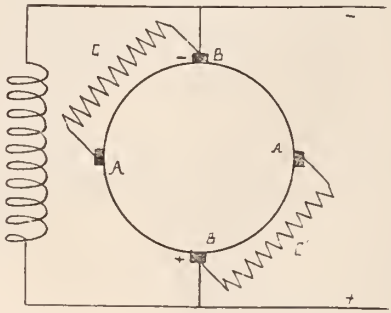


Fig. 8. — Dynamo Trier et Martin.

entre les balais principaux et auxiliaires, car ils sont au même potentiel. Si sous l'action combinée de la charge et de la vitesse le déplacement du flux magnétique continue, un courant parcourra à nouveau les résistances c et c', mais maintenant en sens inverse de la direction primitive. Il s'ensuit qu'il a alors pour effet de réduire la valeur du champ au lieu de l'augmenter. On arrive de cette façon à une excellente régulation du voltage. Il résulte d'essais effectués au laboratoire de l'Université de Birmingham, qu'entre 1600 et 5000 tours la tension est restée sensiblement constante. En coupant tout l'allumage elle augmentait seulement de 1/2 volt.

Dynamo La Française (fig. 9). Le courant d'excitation est pris sur deux balais symétriques faisant avec les balais principaux un angle déterminé empiriquement, de manière à obtenir un affaiblissement du champ inducteur proportionnel à la vitesse. Les balais principaux sont calés à la ligne neutre. La rotation peut se faire dans l'un ou l'autre sens, à condition d'inverser les balais auxiliaires.

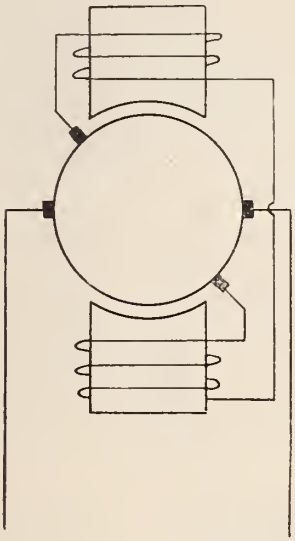


Fig. 9. — Dynamo « La Française ».

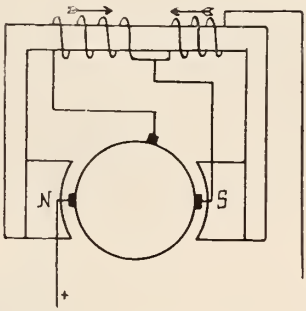


Fig. 10. Dynamo Ducellier.

Dynamo Ducellier (fig. 10). Elle se compose d'une magnéto qui porte, superposés aux aimants permanents, deux enroulements. Le premier démagnétisant est intercalé entre le balai négatif et un balai auxiliaire, disposé à peu près à la ligne neutre. L'autre est en série dans le circuit principal. A faible vitesse, entre les deux premiers balais il existe une différence de potentiel sensiblement égale à la moitié de la force électromotrice totale de la machine. Lorsque la vitesse croît, il n'en est plus de même et, par suite du déplace-

ment de la ligne neutre, l'action du circuit démagnétisant augmente. La dynamo commence à débiter à 800 tours et maintient sa tension constante jusque 4500 tours.

Les systèmes *Juston* et *Bunzli* sont tout à fait anologues au précédent.

b) *Réglage produit par le déplacement des balais auxiliaires.*

Dynamo « La Magicienne ». Dans l'ancien type, les inducteurs étaient portés par des coussinets à billes qui leur permettaient de se déplacer autour de l'induit. Lorsque la dynamo débitait du courant, le couple électro-magnétique qui s'exerce entre l'induit et

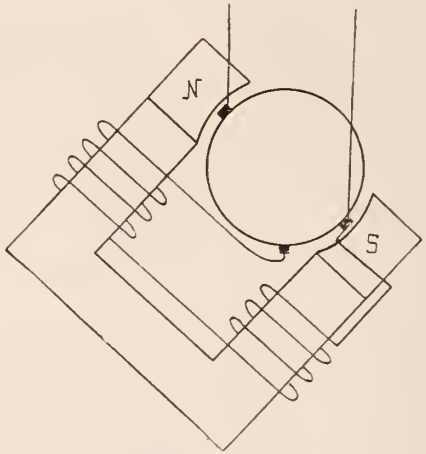


Fig. 11. — Dynamo « La Magicienne ».

l'inducteur faisait tourner ceux-ci jusqu'à une position d'équilibre déterminée par la tension d'un ressort. Les balais étant fixes, le déplacement des inducteurs avait pour effet de décaler la ligne neutre et par conséquent de diminuer la force électromotrice proportionnellement à l'inclinaison.

La « Magicienne » actuelle porte un troisième balai qui seul subit le déplacement relatif. Les deux balais

principaux sont fixés aux inducteurs et se déplacent avec eux (fig. 11). On obtient ainsi une meilleure commutation. Les bobines inductrices, étant connectées entre un balai principal et le balai auxiliaire, reçoivent, par suite de l'inclinaison de la carcasse de la dynamo, un courant d'autant plus faible que la vitesse est grande.

Dynamo Iglésir et Renier. Elle repose sur le même principe que la précédente; la seule différence est que l'inducteur porte deux enroulements, l'un en dérivation entre les balais principaux, l'autre en dérivation entre un balai principal et un autre, auxiliaire.

Dynamo Stéréos. Comme pour les autres types analogues, les balais principaux gardent une position invariable par rapport aux pôles, tandis que le balai auxiliaire est déplacé. En réalité, dans ce système, les trois balais sont maintenus fixes, par un artifice de construction. A cette fin, une partie du collecteur comporte des lames disposées obliquement par rapport à l'axe, de telle sorte que si l'induit subit un mouvement de translation, le balai auxiliaire qui frotte sur

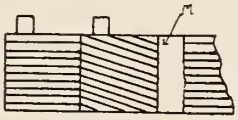


Fig. 12. — Disposition du collecteur de la dynamo Stéréos.

cette partie, se trouve décalé par rapport aux deux autres qui appuyent sur un collecteur ordinaire.

L'induit peut se mouvoir sur l'arbre en glissant dans une rainure hélicoïdale. Au repos ou à faible vitesse, il y est maintenu vissé à fond par la tension d'un ressort. Dans cette position les balais principaux reposent sur une bague isolante M et le circuit est ainsi automatiquement coupé (fig. 12). Dès que la vitesse croît, le

couple résistant fait avancer l'induit sur la rainure et il peut débiter du courant. A mesure que le nombre de tours augmente, le déplacement devient de plus en plus grand, et l'excitation s'affaiblit. Si par suite d'un ralen-

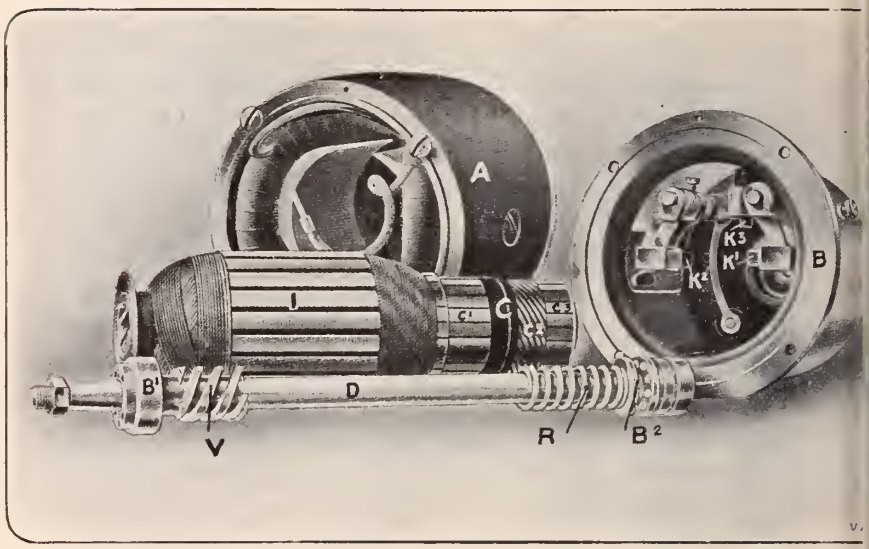


Fig. 13. — Dynamo Stéréos.

tissement, la force électromotrice descend à une valeur inférieure à celle des accumulateurs, le courant est inversé ; l'induit devient moteur et, le couple changeant de sens, il se revisse dans la rainure et le circuit est coupé pas les balais.

B. Réglage par l'inducteur.

1) *Compoundage démagnétisant.*

Dynamo « Phi ». C'est une simple dynamo compound dont l'enroulement série est démagnétisant. De cette manière toute augmentation de vitesse est compensée exactement par un affaiblissement du champ inducteur et le voltage est maintenu constant. L'enroulement en dérivation est prépondérant pour éviter le

renversement de l'aimantation des pôles. Il est pris après celui en série, de façon à diminuer dans le circuit les variations de tension qui se manifestent malgré tout aux balais (fig. 14). Des essais auxquels un des premiers types de cette dynamo a été soumis ont donné les résultats suivants : La vitesse passant de 1600 à 4000 tours par minute, le voltage aux balais s'est élevé de 11,5 à 16,75 volts, tandis que, aux lampes, il n'a varié que de 11,5 à 13,75, le courant débité ayant

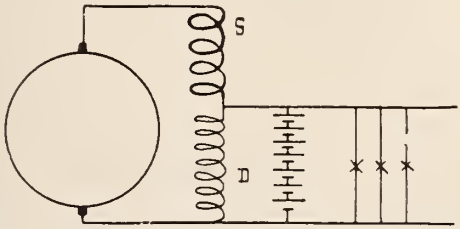


Fig. 14. — Dynamo Phi.

augmenté de 6 à 18 ampères. Cette expérience montre bien l'avantage de la disposition de l'enroulement shunt non pas aux balais directement, mais bien après les bobines en série. Les derniers modèles ont un réglage beaucoup plus exact que celui donné par l'essai rapporté ici. Le conjoncteur-disjoncteur se compose des éléments habituels d'un électro-aimant : un barreau de fer doux, une armature et deux bobines ; l'une d'elles est en fil fin, branchée en dérivation aux bornes de la dynamo, l'autre en gros fil disposée en série dans le circuit de charge des accumulateurs.

Dans la bobine shunt se trouve intercalée au moment convenable une résistance en série qui permet d'obtenir les deux positions de collage ou décollage de l'armature. Son rôle est de régler le courant dérivé à une valeur strictement suffisante pour maintenir l'attraction de l'armature qui ferme le circuit de charge de

la batterie. En cas de renversement du sens du courant, c'est-à-dire si le voltage de la dynamo devient inférieur à celui des accumulateurs, l'enroulement en série fait ouvrir le circuit en provoquant le décollage

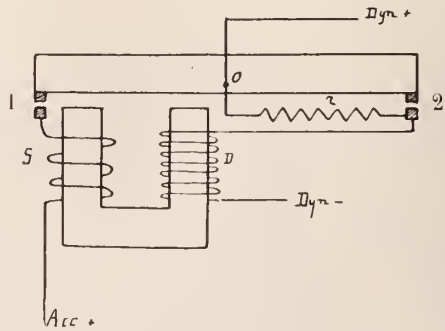


Fig. 15. — Conjoncteur-disjoncteur Phi.

de l'armature (fig. 15). Celle-ci pivote autour du point O. Au départ le contact 2 est fermé et le courant de la dynamo peut passer directement dans la bobine shunt D. L'armature étant attirée, elle ferme en 1 le circuit de la batterie et met en service la résistance *r*.

Dynamo Rushmore. Elle porte un enroulement en dérivation D et un enroulement en série S, démagné-

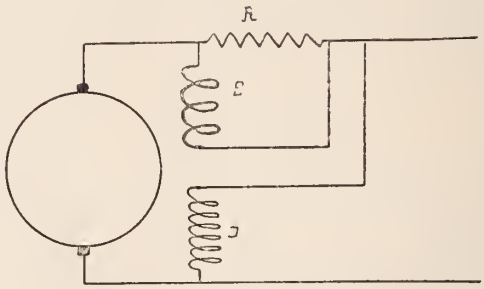


Fig. 16. — Dynamo Rushmore.

tisant connecté aux extrémités d'une résistance en *fer* R (fig. 16). Quand le courant I débité par la machine

augmente, la chute de tension IR s'accroît et l'intensité dans la bobine S devient plus forte. Il en résulte un affaiblissement du champ, proportionnel à la vitesse, et la force électromotrice engendrée demeure constante.

b) *Emploi de rhéostats automatiques.*

Dynamo Gallay. Le régulateur de tension se compose de huit pistons fixés radialement sur un disque et maintenus en place par des ressorts de forces différentes. Chaque piston met au repos en court-circuit une résistance intercalée en série avec l'enroulement shunt de l'excitation. Aux faibles allures toutes les résistances sont supprimées ; mais, à mesure que la vitesse augmente, les pistons s'écartent successivement et introduisent dans le circuit dérivé des résistances croissantes. La dynamo fonctionne donc à force électromotrice constante quelle que soit l'intensité du courant qu'on lui demande, dans les limites que permet la réaction d'induit.

Dynamo Eyquem. Dans l'ancienne disposition, un régulateur à force centrifuge agissait sur la manette d'un petit rhéostat de champ pour introduire des résistances dans le circuit dérivé quand la vitesse augmentait. Actuellement, on fait usage d'un relais vibrant qui coupe et rétablit rapidement le circuit inducteur de manière à faire varier l'intensité moyenne du courant d'excitation. Ce relais peut se placer, soit sur la dynamo, soit sur le devant de la voiture sous les yeux du conducteur. Il agit à la façon d'un voltmètre. Quand la différence de potentiel aux bornes atteint une valeur déterminée, l'électro-aimant attire son armature et le circuit d'excitation est coupé. La force électromotrice baissant, il est rétabli à nouveau, et ainsi de suite. Le réglage s'obtient par un mouvement vibratoire plus ou moins rapide. Le courant d'excitation n'est pas continu, mais fortement ondulé,

d'où nécessité d'avoir des pôles feuilletés pour éviter la production de courants de Foucault.

Dynamo Phar (Barrie et Delamour). C'est une dynamo shunt ordinaire à 4 pôles. Le conjoncteur-disjoncteur ferme le circuit dès que la tension est suffisante. Quand la vitesse est telle que le courant dépasse 15 ampères, il introduit une résistance en série avec l'enroulement excitateur. Il n'y a donc que deux valeurs distinctes pour le courant inducteur, ce qui fait supposer que la cause réelle du réglage doit plutôt être la forte réaction d'induit.

c) *Systèmes faisant usage d'un courant indépendant démagnétisant.* Leur principe est d'intercaler dans le circuit des pôles une force électromotrice indépendante et opposée à celle de la dynamo, qui croît de manière à réduire le flux quand la vitesse augmente. M. Loppé a développé cette idée et l'a appliquée avec grand succès pour l'éclairage électrique des trains. Il faisait usage d'une petite dynamo auxiliaire insérée dans le circuit inducteur principal, dont le voltage s'opposait à la circulation du courant. Toute une série de types ont été créés dans le même but en se basant sur ce principe. Citons par exemple : les systèmes Auvert, Moscowitz, Mac Elroy, Siemens et Halske, Verity, Daziel, etc.

Cette solution, quoique un peu compliquée, a aussi été proposée pour l'éclairage des automobiles. On l'a simplifiée pour cette application, en employant non pas deux générateurs, mais deux batteries d'accumulateurs.

Dynamo Grob (fig. 16). Elle se compose d'une dynamo shunt ordinaire dans laquelle l'excitation est contrôlée par une batterie d'accumulateurs, dont le courant est de sens inverse à celui venant des balais. Il s'ensuit que quand il se produit un accroissement de voltage, le courant d'excitation, et par suite l'intensité du champ inducteur vont en diminuant. Cette

action tend rapidement vers une position d'équilibre, à partir d'où le voltage et le débit de la machine, pour

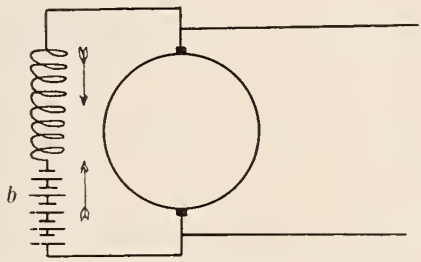


Fig. 17. — Dynamo Grob (1).

une charge déterminée, restent très sensiblement constants à toute vitesse.

L'inconvénient de ce système est de devoir disposer de deux batteries dont l'une est en service, tandis que l'autre se charge.

D. *Système à shunt magnétique.*

Dynamo Farelec. Le réglage y est obtenu par un

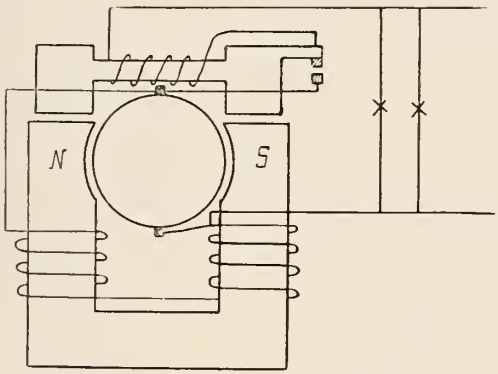


Fig. 18. — Dynamo Farelec.

électro-aimant mobile qui agit à la fois comme conjoncteur-disjoncteur et comme shunt magnétique. La

(1) C'est le pôle positif de la batterie qui doit être connecté à l'enroulement excitateur.

pièce principale est une bobine B dont le noyau et les joues sont en fer doux (fig. 18). Elle porte un enroulement en série avec le circuit principal. Quand la dynamo tourne à une vitesse suffisante, l'aimantation des pièces polaires agit sur l'électro et l'attire. Ce mouvement ferme le circuit principal par le contact visible à droite de la figure. A mesure que la vitesse augmente, l'intensité tend à croître ; mais alors l'enroulement, série de l'électro B, diminue la reluctance du shunt magnétique, qui dérive une partie plus ou moins importante du flux total des inducteurs. Il est probable que la distorsion du champ due à la réaction d'induit contribue également au réglage. Cette machine fournit un courant d'une intensité constante entre 1300 et 3500 tours.

CONSTRUCTION ET INSTALLATION DES DYNAMOS ET DES APPAREILS ACCESSOIRES

Les dynamos sont ordinairement du type bipolaire. Leur carcasse en acier doit être bien étudiée de manière à former enveloppe pour protéger les organes intérieurs et en particulier les inducteurs qu'elle renferme et qui sont soigneusement isolés de la masse. Il faut que l'induit soit construit, équilibré et enroulé avec beaucoup d'attention. Le bobinage, le plus souvent exécuté à la main, se fait en tambour. Il convient d'employer pour l'isolement, des substances spécialement choisies pour résister aux vibrations et aux agents atmosphériques.

L'arbre est supporté dans deux paliers sur des roulements à billes. Le collecteur en bronze dur doit être largement calculé et pourvu d'un grand nombre de lames pour assurer une commutation parfaite. Il est à recommander d'employer de préférence des balais en charbon, de grande surface, facilement accessibles. Pour mettre le collecteur et les balais à l'abri des

poussières et des saletés, l'avant de la dynamo est fermé par un couvercle aisément démontable pour la vérification de ces organes.

Le refroidissement et la ventilation des bobines doivent faire l'objet de soins tout à fait spéciaux. Ils sont en effet rendus particulièrement difficiles par l'emploi de types entièrement cuirassés et la position de la dynamo près du moteur. Il convient donc d'avoir des fils de section assez forte pour éviter tout échauffement exagéré. Pour la facilité de la pose, il vaut mieux que la machine soit plus développée en longueur qu'en hauteur. En moyenne la première de ces dimensions est double de la seconde. Les mesures les plus courantes sont de 25 à 35 cm. pour la longueur et de 15 à 18 cm. pour la largeur et la hauteur.

La manière dont la dynamo peut être entraînée par le moteur dépend en grande partie du mode de réglage, mécanique ou électrique, adopté. Dans le premier cas, les dispositifs utilisés décideront, la plupart du temps, le système de commande ; c'est pourquoi nous envisagerons surtout ici les modes d'entraînement des dynamos de la seconde catégorie. On peut les diviser en deux groupes :

1° transmission par friction ;

2° transmission par courroie.

Le premier de ces deux types de montage est le plus communément employé ; il coûte plus cher à établir que le second, mais il évite l'entretien de la courroie et permet un débrayage facile de la machine.

Montage par friction. Un petit galet constitué de plaques de cuir rivées entre deux flasques d'acier, prend son mouvement sur le volant du moteur. Il entraîne la dynamo soit directement, soit par l'intermédiaire d'un arbre à cardans, suivant la disposition générale du châssis, et l'emplacement dont on dispose. Le débrayage s'obtient très simplement en écartant un peu le galet du volant, au moyen d'un câble souple

commandé par un petit levier placé sur le tablier de la voiture ; il suffit d'éloigner de 4 à 5 mm. les organes de commande.

Montage par courroie. La dynamo reçoit son mouvement par l'intermédiaire d'une courroie plate ou trapézoïdale, d'une poulie menante fixée sur l'arbre principal derrière le groupe du moteur, ou à l'avant à côté de la transmission du ventilateur. Toutes les fois qu'il est nécessaire, il convient de prévoir des enrouleurs pour assurer l'adhérence ou éviter des pièces mécaniques sur lesquelles la courroie pourrait venir frotter. Ce système est plus économique que le précédent, mais à condition de ne pas installer de débrayage. La dynamo doit toujours tourner en même temps que le moteur ; comme elle est montée sur roulements à billes, cela n'offre guère d'inconvénient. On a d'ailleurs soin de couper le circuit quand on n'a pas besoin de courant, de sorte que la dépense de force est très minime. Il est à recommander de faire usage de courroies de transmission ordinaires, souples et de bonne qualité. Le cuir chromé qui a le défaut de trop s'allonger est à rejeter. Les deux extrémités à réunir doivent être coupées en biseau sur la partie interne, collées, et cousues de manière à éviter toute surépaisseur au joint.

Les accumulateurs sont destinés à assurer l'éclairage à l'arrêt et quand la voiture roule à petite vitesse. Ils sont, par ce fait, le complément obligé de toute installation électrique d'automobile. Ils remplissent cependant encore un autre rôle, peut-être pas aussi connu, mais néanmoins très important. Sans eux, le contrôle de la tension et du débit de la plupart des systèmes de dynamos examinés, ne pourrait pas se faire convenablement. Des essais sérieux ont en effet montré que les résultats obtenus, même avec les types à réglage mécanique, dépendaient en grande partie de l'état des accumulateurs avec lesquels ils travaillaient. Cela ne

doit pas étonner ; c'est l'action exercée par l'accroissement du courant, corrélative d'une augmentation de voltage, qui habituellement a pour effet de faire rentrer les choses dans leur état normal. Après une perturbation, il convient de revenir à celui-ci aussi vite que possible. Les meilleures conditions de fonctionnement seront par conséquent réalisées, si à de faibles variations de la force électromotrice correspondent des écarts sensibles dans la valeur de l'intensité. L'on ne saurait atteindre ce résultat avec un circuit extérieur renfermant exclusivement des lampes à incandescence. La résistance de leur filament ne permet pas au courant d'augmenter dans des proportions voulues pour une élévation donnée de voltage. Si celui-ci double, l'intensité croît à peine de 50 %. Au contraire, les accumulateurs jouant le rôle de réservoirs intercalés sur la canalisation, peuvent absorber un courant de réglage, d'une intensité suffisante pour assurer la bonne marche de l'installation.

Il convient de faire usage d'accumulateurs spécialement étudiés pour l'emploi sur véhicules automobiles. Le travail qu'ils doivent fournir est en effet des plus durs. Ils sont constamment soumis à des régimes très fatigants de charges et décharges successives. Les plaques doivent être fabriquées avec grand soin, de façon à présenter une solidité toute spéciale et à ne pas se désagréger trop vite. On doit donner la préférence aux types de traction et ne pas prendre une batterie de trop grande capacité ; car, en outre de son poids trop élevé, elle a l'inconvénient d'avoir une durée très réduite, à cause des variations considérables du courant.

L'emploi des petites batteries d'allumage, qui ne conviennent pas du tout pour ce service, doit absolument être proscrit. Les nouveaux éléments Edison, au contraire, sont tout particulièrement recommandables. On sait qu'ils présentent sur l'accumulateur au plomb

de multiples avantages : leur poids est moindre, ils ne se détériorent pas, ne craignent pas les vibrations, il n'y a pas de voltage minimum auquel on doit arrêter la décharge, et la sulfatation avec ses effets désastreux n'existe pas pour eux. Ils se composent de plaques positives formées d'une série de petits tubes en acier perforé, remplis d'oxyde de nickel et de nickel pur pulvérisé et de plaques négatives en acier perforé également, munies d'une série de poches rectangulaires remplies d'oxyde de fer en poudre très fine. Ces plaques sont disposées dans un bac en acier laminé, strié pour lui donner plus de résistance et contenant un électrolyte alcalin composé d'une solution de potasse dans de l'eau distillée, additionnée d'un peu de Lithium. Un élément Edison donne au régime normal de décharge 1.2 volts.

Les accessoires comprennent le tableau de distribution, les projecteurs, les lanternes et la canalisation.

Le Tableau, disposé sur le tablier de la voiture, à portée du conducteur, comporte les appareils nécessaires à la conduite et à la surveillance de l'installation. On y trouve : Un Ampèremètre, un Voltmètre, les fusibles protégeant la dynamo et la batterie, les différents interrupteurs et le conjoncteur-disjoncteur quand il n'est pas réuni à la machine. C'est aussi ordinairement au tableau qu'on a une fiche de prise de courant pour la balladeuse.

D'habitude, on dispose d'interrupteurs distincts pour les phares, les lampes de côté avec l'arrière et l'intérieur de la voiture. Dans certains cas les lanternes et la lampe arrière sont montées en série. Ainsi, dans une installation à 12 volts, on pourrait faire usage de 3 lampes de 4 volts, tandis que pour les phares on utiliserait des lampes de 12 volts. Cette disposition n'est pas à conseiller, car elle nécessite deux espèces de lampes de rechange. Il est de beaucoup préférable de

faire toute l'installation en dérivation sous la tension totale.

Une particularité intéressante à signaler ici, est le dispositif de sécurité suivant, utilisé avec la dynamo « Brolt ». Quand la lumière d'arrière s'éteint pour une raison quelconque, une petite lampe rouge placée sur le tableau s'allume immédiatement et prévient ainsi le conducteur.

Le tableau doit être construit avec grand soin, en ayant égard aux conditions d'isolement électrique et à la parfaite accessibilité de tous les organes. Ceux-ci seront protégés extérieurement par une enveloppe en bois d'acajou, de palissandre, d'ébène ou de citronnier, suivant l'ébénisterie de la voiture.

Projecteurs. Les phares électriques permettent d'obtenir de bien meilleurs résultats qu'avec l'acétylène. Avec celui-ci, il n'est pas possible d'*entourer* la flamme d'un réflecteur et, par suite, on ne peut employer que des surfaces réfléchissantes presque planes. L'Électricité, au contraire, permet de faire usage des propriétés des réflecteurs paraboliques, qui renvoient en ligne droite, suivant la direction de leur axe, les rayons lumineux émis du foyer. En pratique, le filament des lampes, quoique très fortement centré, n'est pas réduit à un seul point, de sorte que l'on n'arrive pas au parallélisme rigoureux qu'indique la théorie. L'ouverture du faisceau lumineux, au lieu de rester constante, va en grandissant à mesure que l'on s'éloigne du réflecteur. L'angle de dispersion est d'autant plus important que les dimensions de la source lumineuse sont elles-mêmes plus grandes. Il diminue si l'on augmente la distance focale. Pour réaliser une meilleure concentration des rayons lumineux, il y aurait donc avantage à agrandir celle-ci. Mais, on se heurte alors à un autre inconvénient : L'ouverture de la parabole devient trop forte et le pinceau éclairant trop large perd de son intensité.

Entre ces deux conditions contraires, il faut établir un compromis. Pratiquement, on arrange les choses de façon que la distance focale soit environ un peu moindre que deux fois le diamètre de la lampe placée dans le projecteur. Pour disposer facilement celle-ci au foyer il est fait usage d'une douille réglable, fixée au fond du réflecteur. On détermine empiriquement sa place en éclairant une surface plane verticale, assez distante, un mur blanc, par exemple, et en recherchant la position de la lampe pour laquelle on obtient le meilleur effet.

Les réflecteurs paraboliques donnent une intensité lumineuse énorme comparée à celle de la source. Un phare muni d'une lampe de 15 bougies fournit facilement une puissance lumineuse de 6000 bougies, ce qui correspond à un pouvoir multiplicateur de 400. En faisant usage de filaments très centrés, on peut même arriver à 8000 bougies. Un bon phare doit permettre de lire facilement l'heure sur une montre à 175 mètres de la voiture.

Les projecteurs se construisent en cuivre. La parabole, emboulie d'une pièce, est ordinairement argentée. Sa surface doit être excessivement bien polie, le moindre grain, la plus petite rayure, diminuant aussitôt son pouvoir réfléchissant. Dans certains cas on emploie des projecteurs dorés. Leur avantage est de donner une lumière jaune qui perce mieux le brouillard que la blanche ; mais, par contre, ils occasionnent une perte de clarté de 40 %. On peut aisément arriver au même résultat avec les types ordinaires argentés, en plaçant un disque de verre jaune devant eux, quand cela est nécessaire.

Le montage électrique se fait habituellement en prenant les accumulateurs comme point de départ de l'installation des lampes, à l'exclusion de tout branchement direct sur la génératrice (fig. 19). La pose des fils sur une voiture n'est pas chose aussi simple qu'elle peut

paraître à première vue. Il est à conseiller de faire usage de câbles armés sous gaine de plomb de manière à réaliser, en même temps qu'un bon isolement électrique, une protection mécanique sérieuse. Les fils doivent avoir une souplesse suffisante pour permettre de suivre facilement les circonvolutions nécessaires d'une canalisation sur un châssis d'automobile. Il ne faut pas faire usage de conducteurs disposés dans des tubes métalliques : indépendamment de leur difficulté de pose, malgré les joints étanches, ils laissent toujours

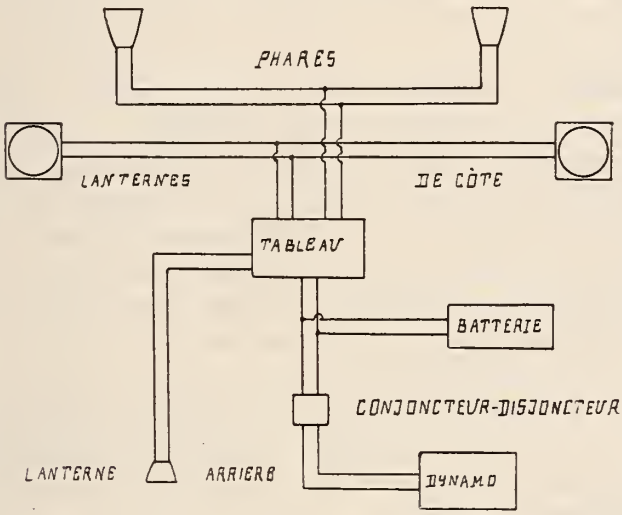


Fig. 19. — Schéma général de l'installation de l'éclairage électrique sur une voiture automobile.

à la longue pénétrer l'humidité et l'huile, qui ne tardent pas à désagréger l'isolant des câbles.

Toute l'installation doit être montée sur le châssis, afin que l'on puisse aisément enlever la carrosserie sans la détériorer. Il convient donc de prévoir une prise de courant démontable pour le branchement des appareils qui se trouvent à l'intérieur de la voiture.

Dans ce qui précède, les différents systèmes d'éclai-

rage électrique des automobiles ont été passés en revue, d'une manière impartiale. Dire quel est le meilleur d'entr'eux serait tâche malaisée. Tous les dispositifs cités ont reçu la sanction de la pratique et ont fourni en général des résultats assez satisfaisants. Ils présentent cependant encore des défauts, et, en toute franchise, on peut dire que le problème n'est pas entièrement résolu. Beaucoup de solutions proposées sont très élégantes et approchent de fort près de l'idéal. Mais aucune n'est actuellement à l'abri de critiques justifiées. Un électricien anglais, quelque peu humoristique proposait de diviser en deux catégories les systèmes employés : dans l'une il rangeait ceux qui échauffent un embrayage et dans l'autre ceux qui abîment une batterie. Sans admettre complètement cette façon de voir, il faut néanmoins noter qu'elle a un fond vrai. Le rôle de beaucoup de dispositifs, en effet, consiste à trouver un débouché pour l'énergie en surplus créée par la machine, quand elle tourne à une vitesse plus grande que celle absolument nécessaire pour l'obtention du voltage normal.

Toute la difficulté venant de ce que l'on veut entraîner la dynamo par le moteur principal, certains inventeurs ont préconisé l'emploi d'un petit groupe indépendant. Cette disposition offre de nombreux avantages. Elle permet d'établir la dynamo pour une vitesse économique conduisant à un bon rendement et laisse beaucoup plus de liberté pour sa construction. La batterie peut être totalement supprimée, ce qui certainement est un avantage appréciable. Par contre, on a alors sur la voiture un moteur de plus à soigner. Mais, étant donnée la très faible puissance qu'il doit fournir, sa construction et partant son entretien peuvent être fort simplifiés. Le type de générateur qui conviendrait le mieux dans ce cas, serait la magnéto. Elle possède en effet la propriété précieuse d'être auto-régulatrice à

toute charge, la réaction d'induit venant contrecarrer le champ des aimants, quand le débit croît. Le seul inconvénient qui puisse être à craindre serait que le flux magnétique n'aille en s'affaiblissant à la longue et ne mette assez vite la machine hors d'usage. On peut objecter que l'on n'a pas observé la chose avec les magnétos d'allumage. Seulement, il faut remarquer que tout ce que l'on demande pour cet usage, est d'avoir une bonne étincelle. Celle-ci peut rester excellente, même avec un affaiblissement du champ intolérable pour la production du courant devant servir à l'éclairage. Pour être fixé sur ce point, il serait indispensable de procéder à des essais.

Quelle sera la solution qui s'imposera dans un avenir plus ou moins rapproché? On ne saurait le dire en ce moment. Il est probable que l'expérience qui a déjà fait réaliser tant de progrès dans l'automobile, et a conduit insensiblement à l'unification de toutes les pièces importantes pour s'en tenir au type le plus convenable, indiquera ici encore la voie à suivre. Quelle qu'elle soit, il est certain qu'elle conduira à ce principe de n'avoir sur la voiture qu'une seule et unique source d'énergie électrique, servant pour tous les usages : l'éclairage, l'allumage des gaz dans le moteur et, probablement aussi, assurant la mise en marche de celui-ci. De plus, le générateur idéal de l'avenir n'utilisera pas d'accumulateurs, toujours encombrants et coûteux. Les efforts des constructeurs s'orienteront-ils vers le groupe indépendant? Peut-être; des essais ont déjà été entrepris de ce côté, mais jusqu'à présent ils ne sont pas encore sortis de la période expérimentale.

MAURICE DEMANET,
Ingénieur-Électricien.

ORIENTATIONS NOUVELLES

DANS

L'ÉTUDE DU MÉTABOLISME ANIMAL (1)

(Suite)

SECONDE PARTIE

LE POINT CULMINANT DU MÉTABOLISME ANIMAL : L'ASSIMILATION

2. *Le minimum azoté* (suite).

a) *La détermination numérique du minimum azoté.*

Le premier problème qui se présente ici au chercheur est évidemment de découvrir la valeur du minimum azoté. Comme nous le faisions remarquer un peu plus haut, la solution de ce problème, loin d'épuiser la question qui nous occupe, n'exprimera encore qu'un fait brut, résultat immédiat de dosages comparés. Nous savons déjà que l'organisme peut se maintenir en équilibre azoté, malgré des variations très amples de la quantité d'azote ingérée : il s'agit ici uniquement de déterminer la valeur minima des variations encore tolérées.

Il n'y a guère de recherches significatives à signaler avant celles de Karl Voit. Elles portèrent d'abord

(1) Revue des Quest. scient., 3e série, t. XXIII, 20 avril 1913, pp. 438-491.

sur des animaux. Voit crut pouvoir en conclure que le minimum azoté, même au cas d'une alimentation suffisamment riche en composés ternaires, était, chez le chien, notablement supérieur au minimum d'excrétion azotée subie pendant le jeûne. Par contre, Munk (1885, 1893), et d'autres, soupçonnaient que ces deux notions — de minimum azoté au cours de l'alimentation et d'excrétion azotée au cours du jeûne total — n'étaient pas entièrement comparables. C'est, au fond, ce qu'en dépit de leur conclusion, E. Voit et Korkunoff mirent eux-mêmes en évidence dans un travail ultérieur (1895) : ils supposent que 81 % seulement de l'azote excrété au cours du jeûne provient de la désassimilation des *albumines* somatiques, et vraiment l'hypothèse n'a rien de particulièrement arbitraire si l'on tient compte de la multiplicité presque inextricable de conditions qui peuvent influer sur les pertes brutes d'azote pendant le jeûne. Le point de comparaison sera donc, non plus ces pertes brutes, mais l'excrétion azotée d'origine directement albumineuse. Si nous mettons en regard les pertes brutes d'azote pendant le jeûne et la valeur brute minima de l'azote qu'il faut faire ingérer pour maintenir encore l'équilibre azoté, nous constaterons, en effet, que la seconde n'est pas constamment supérieure aux premières, ce qui semble contredire la thèse ancienne de C. Voit. Mais, au contraire, si nous restreignons notre comparaison aux excrétions d'origine directement albumineuse, nous obtiendrons, moyennant application de l'hypothèse faite ci-dessus, un pourcentage d'azote alimentaire constamment supérieur à celui de l'excrétion azotée du jeûne : par exemple 133, 124, 134, 126, 108, 111..., contre 100. Et ceci est bien, ramenée à une forme plus précise, l'ancienne assertion de Voit : elle pose un problème nouveau : pourquoi le catabolisme minimum des albumines est-il supérieur, dans l'état d'alimentation,

à ce qu'il est dans l'état d'inanition azotée ? Tigerstedt (1906) fait remarquer que la différence peut en partie s'expliquer par la production accrue de liquides digestifs que réclame l'alimentation. Nous préférons, pour notre part, la réponse que Mendel oppose à cette difficulté (1911) : c'est que la différence en question tend à s'effacer à mesure que l'alimentation non azotée est plus riche et mieux utilisée. Telle est aussi l'opinion de Rubner (1908). On conçoit facilement que le degré d'utilisation des albumines, soit cellulaires soit alimentaires, dépende à la fois des besoins énergétiques, assez variables, de l'organisme et de l'état où se trouvent actuellement les autres composés dynamogènes utilisables : la cause de la différence constatée doit être dans un catabolisme énergétique plus ou moins important de l'azote.

Les expériences de Chittenden sur le minimum azoté chez les animaux carnivores et en particulier chez le chien, l'emportent de beaucoup sur les précédentes par l'habileté de la technique et le soin minutieux des observations. Elles eurent encore l'avantage de se prolonger, sur chaque sujet en expérience, pendant un temps assez long, de six à dix mois. Or il résulte des tableaux publiés par Chittenden (1907), que, moyennant une nourriture bien choisie et de sages précautions d'hygiène, des chiens peuvent subsister sans inconvénient avec une ration moyenne d'azote de 0,26 gr. à 0,33 gr. par kilogramme de poids vif. Cette ration est supérieure au minimum azoté déterminé par d'autres physiologistes ; ainsi, si l'on calcule, d'après les tableaux de Voit et Korkunoff (1895), l'azote minimum éliminé, par kilogramme de poids, chez des chiens maintenus en équilibre azoté, on rencontre des valeurs qui s'échelonnent entre 0,147 et 0,223 gr. Mais il faut remarquer, d'abord, que la ration azotée de Chittenden demeure encore fort en dessous de la ration ordinaire, et puis

surtout, que le but de cet expérimentateur n'était pas de calculer exactement le minimum azoté strictement réalisable, mais plutôt de montrer que, même chez des carnivores, une proportion très faible d'albumines peut suffire à entretenir la vie sans inconvénient appréciable et pendant une durée pratiquement indéfinie. Les chiffres de Chittenden expriment un minimum azoté *pratique* et largement réalisable.

Plus nombreuses et plus intéressantes en un sens furent les expériences qui portèrent sur l'homme. Nous allons passer en revue les principales données qu'elles fournissent relativement au minimum azoté.

A qui veut se renseigner sur le minimum d'aliments azotés indispensable au maintien de la vitalité normale il ne servira guère de s'en rapporter aux types classiques de ration alimentaire. Ceux-ci, en effet, doivent tenir compte de besoins plus ou moins artificiels, créés par les habitudes prises. Supposé même que ces besoins se légitiment par certaines utilités réelles, ils ne sont nullement l'expression adéquate des strictes exigences chimiques de l'organisme. Dans toutes les normes pratiques d'alimentation, la proportion d'albumines est bien supérieure au minimum strictement exigible, parce qu'on a l'habitude d'y emprunter aux composés azotés une part d'énergie qui pourrait tout aussi bien être fournie par un surcroît d'hydrates de carbone.

Quelques exemples : la ration d'entretien proposée jadis par Voit comporte 118 gr. d'albumine contre 56 gr. de graisses et 500 gr. d'hydrates de carbone. Plus récemment (1904), Armand Gautier, faisant la moyenne des rations d'entretien déterminées par diverses méthodes, proposa 107 gr. d'albumine, 64 gr. de graisses et 407 gr. d'hydrocarbonés, ce qui fait un apport journalier de 17 gr. environ d'azote et de 270 gr. de carbone. Une pareille ration est calculée pour un adulte de poids moyen, effectuant un travail

modéré : les 118 ou 107 gr. d'albumine y ont évidemment un rôle partiellement énergétique. En effet la ration d'entretien d'un adulte au repos complet est estimée par Armand Gautier à 80 gr. seulement d'albuminoïdes, environ 300 gr. d'hydrates de carbone et 50 gr. de graisses. Gley (1910) descend jusqu'à 70 gr. d'albumines. A vrai dire ces derniers auteurs s'appuient, pour estimer aussi parcimonieusement la proportion indispensable d'albumines, sur toute une série de recherches dont nous devons maintenant rendre compte. Avant d'aborder celles qui concernent les adultes, considérons un instant le besoin d'albumine d'un organisme en pleine croissance, comme celui du jeune enfant, du nourrisson : cet exemple est bien propre à ébranler par avance le préjugé courant sur la nécessité d'une riche alimentation azotée.

Le jeune enfant doit non seulement réparer les pertes azotées, qui résultent de l'usure des tissus inséparable de l'activité vitale, mais il doit en outre accumuler de l'azote à proportion de l'accroissement rapide de sa masse. On doit donc s'attendre à ce que son alimentation naturelle soit proportionnellement beaucoup plus riche en azote que celle de l'adulte. En effet, si nous nous en rapportons à des déterminations déjà anciennes de E. Lambling (1898), le besoin d'albumine du jeune enfant serait environ deux fois celui de l'adulte soit : de 0 à 2 ans, 3,5-4,5 gr. quotidiennement et par kilogramme de poids vif ; de 2 à 5 ans, 3-4 gr. ; de 5 à 12 ans, 2 à 3 gr. Ces chiffres paraissent excessifs si l'on veut exprimer par là, non pas une donnée pratique, mais cette autre donnée, d'intérêt plus exclusivement théorique, que serait le besoin azoté minimum, créé par une croissance normale. D'après Armsby (1903) le minimum d'azote alimentaire requis par kilogramme de poids vif oscillerait entre 0,064 gr. et 0,098 gr. ; en multipliant ces poids d'azote par le

classique — et d'ailleurs très approximatif — facteur : 6,25, nous obtenons, à peu de chose près, les poids correspondants d'albumine : 0,4 à 0,6125 gr. Si l'on veut bien comparer ces chiffres à ceux qui expriment la valeur de l'azote excrété, chez l'adulte, au cours du jeûne, on constatera (cf. 1e Partie, pp. 467, 468) que l'apport azoté nécessaire à l'enfant dépasse nettement l'excrétion azotée d'un adulte soumis à la seule inanition azotée, mais qu'il est très inférieur à l'excrétion azotée de l'adulte soumis au jeûne total.

On ne s'étonnera pas trop de cette valeur minime de l'exigence d'azote dans le premier âge, si l'on remarque combien y est réduit l'usage énergétique des albumines : ce rôle énergique est assumé presque complètement par les hydrates de carbone et les graisses du lait. D'après Rubner (1905), 10 °/₀ seulement des calories dépensées par le nourrisson provient normalement des albumines ; c'est encore trop d'après Siegert (1905), qui trouve très forte pour l'enfant une nourriture azotée qui livrerait 9 °/₀ de l'énergie dépensée ; même, au dire de Rubner et Heubner (1905), la quantité d'albumine nécessaire à l'entretien de l'enfant ne représente pas plus de 5 °/₀ de sa dépense totale en calories. L'ingestion d'une assez faible quantité absolue de produits azotés suffit à assurer la croissance, car ils y sont employés pour majeure partie, probablement pour plus des trois quarts. Soxhlet trouva, chez de jeunes animaux, que 25 °/₀ à peine des albumines ingérées était représenté dans l'azote urinaire : tout le reste servait donc à l'accroissement. Aussi Rubner fait-il justement observer que « si l'homme, durant la période la plus importante de sa vie, et malgré les exigences de la croissance, se tire parfaitement d'affaire avec de petites quantités d'albumine, il n'est guère vraisemblable qu'il y ait pour lui une vraie nécessité de nature à augmenter plus tard la richesse de son alimentation azotée » (1905).

Ceci nous conduit à examiner directement le cas des adultes.

Longtemps l'on s'en tint, sans songer à la critiquer, à la ration 118 gr. d'albumine proposée par Voit pour l'entretien journalier d'un travailleur « moyen ». Parmi les physiologistes qui brisèrent les premiers cette routine, il convient de citer Lapicque, qui ramène le minimum nécessaire à 1 gr. d'albumine par kilogramme de poids vif (1894 ; Lapicque et Marette, 1895). On peut trouver l'analyse des travaux de ces précurseurs dans le mémoire bien connu de Atwater et Langworthy : *Digest of metabolism experiments*. Washington, 1898.

Des recherches plus récentes doivent retenir quelque peu notre attention, parce qu'elles fournissent des données numériques assez précises.

En réduisant progressivement la ration azotée, Siven (1899) parvint à maintenir l'équilibre azoté, chez un homme de 60 kg., moyennant 6,2 gr. d'azote par jour, soit 0,13 gr. de N. ou approximativement 0,6475 gr. d'albumine par kilogramme de poids vif. Or il faut remarquer que ces résultats furent obtenus avec une alimentation non renforcée en hydrocarbonés et en graisses. L'expérience fut reprise par le même (1901) sur un sujet du poids initial de 65,4 kg. et prolongée du 6 novembre au 25 du même mois. Les hydrates de carbone et les graisses étaient absorbés en quantité normale. Du 6 au 12, la ration azotée fut de 2,69 gr. seulement ; du 12 au 21, elle fut portée à 2,96 ; du 21 au 25, elle atteignit 4,02. Or l'excrétion azotée, dès le 9, se maintint entre 4 et 5 gr., avec une valeur moyenne plutôt proche de 4,30. Le sujet se trouvait alors en déséquilibre azoté et perdit exactement un kilo de son poids initial. Mais dès qu'il reçut au 22e jour, la ration de 4,02, l'équilibre se trouva presque rétabli : il eût suffi d'ajouter très peu d'azote à la ration journa-

lière pour amener à l'égalité parfaite la balance des recettes et dépenses azotées. Nous pouvons donc retenir de ces expériences que, sans aucune surcharge de l'alimentation hydrocarbonée ou graisseuse, le minimum azoté doit avoir une valeur comprise entre 4 gr. et 6 gr. pour un homme pesant environ 60 kilos : ce qui correspondrait à peu près à une ration totale d'albumines de 25 à 37,5 gr., et, par kilogramme de poids vif, à une ration de 0,066 à 0,1 gr. d'azote.

Les expériences faites en 1902 par Neumann sur lui-même ne nous apprennent rien de la valeur exacte et infime du minimum azoté, mais, comme elles eurent l'avantage de s'étendre à une période particulièrement longue, nous en signalerons en deux mots les résultats. L'ensemble de l'expérience se distribue en trois séries, comprenant un total de 746 jours. Durant tout ce temps, Neumann maintint à peu près constant son poids de 67 kg. avec une ration moyenne d'environ 70 gr. d'albumine : exactement 0,99, 1,1 ou 1,0 d'albumine par kg. de poids vif. Cette détermination d'ordre plutôt pratique, nous ramène, comme on le voit, à la ration d'entretien de Lapicque (1898 ; voir plus haut).

A la différence de Neumann, Landergren (1903) se propose de déterminer très rigoureusement le minimum azoté. Seulement, il aborde le problème par une voie indirecte, et se trouve forcé d'introduire une hypothèse, d'ailleurs fort plausible, dans l'interprétation des résultats. Sa première préoccupation est d'éliminer tout usage purement énergétique de l'albumine, en fournissant à l'organisme, sous la forme d'hydrates de carbone, toute l'énergie dont il peut avoir besoin. En fait, le régime hydrocarboné qu'il compose et fait tolérer fournit plus de 3700 calories, c'est-à-dire au delà de 45 calories par kilog. de poids vif, soit une quinzaine de plus

qu'il n'est normalement nécessaire (1). Cela étant, il administre une dose d'albumine certainement inférieure au minimum azoté, environ 5-6 gr. par jour. Et puis, il se fait le raisonnement suivant : l'organisme en état d'inanition azotée partielle ne va pas — on peut le supposer — gaspiller ses albumines, pour produire des calories qu'il emprunterait au moins aussi aisément aux hydrates de carbone dont il est abondamment pourvu ; donc, dans ces conditions, l'azote urinaire, témoin de la désassimilation albumineuse, représentera exactement l'*usage vital* indispensable de l'albumine, à l'exclusion de tout usage énergétique *suppléable*.

Landergren transpose donc le problème du minimum azoté sur un terrain que nous avons déjà parcouru, celui du jeûne azoté (Cf. Première partie, pp. 467-468, 473, 487). Il y obtint d'ailleurs des résultats remarquables, dont nous signalâmes alors quelques-uns. Dans une série d'expériences de 7 jours, le sujet, soumis à la diète esquissée ci-dessus, arriva dès le 4me jour à une excrétion azotée constante de 3,76 à 3,34 gr., ce qui fait 0,047 gr. par kilog. de poids vif. D'après Landergren, ces chiffres d'excrétion azotée minima représentent aussi le minimum d'azote alimentaire absolument indispensable au maintien de l'équilibre chimique des tissus, c'est-à-dire le « minimum azoté » dont il est ici question. Si l'on admet ce point de vue, et nous préciserons plus loin le sens où il nous paraît admissible, on devrait, dans certains cas, diminuer encore cette valeur, déjà faible, du minimum : nous avons cité quelques chiffres à la page 467 de la première partie de cet article ; et même, en tenant compte d'autres déterminations encore, il faudrait dire que la valeur moyenne se tient un peu en dessous de

(1) On sait que les expériences très précises de Atwater ont fait réduire le chiffre trop élevé que l'on admettait généralement avant lui.

0,040 gr. de N par kilog. Elle semble du reste légèrement variable d'après les individus.

Mais tout ceci peut sembler bien théorique ; et l'on conçoit que des hygiénistes de valeur, tout en reconnaissant que notre alimentation azotée est excessive, hésitent à s'appuyer, dans la pratique, sur les déterminations des physiologistes. C'est sagesse à eux, car le *minimum* azoté n'est pas nécessairement l'*optimum* ; et puis, même à ne considérer que le seul aspect chimique du métabolisme, d'autres éléments viennent en cause que le carbone, l'oxygène, l'hydrogène et l'azote : par exemple des éléments minéraux, soit que ceux-ci entrent dans la constitution des tissus, soit qu'ils interviennent comme agents nécessaires de certaines réactions. Un intérêt spécial s'attache donc à des observations, moins précises au point de vue de la détermination quantitative du strict minimum, mais d'autre part beaucoup plus compréhensives, parce qu'elles ont porté sur un très grand nombre de sujets et se sont prolongées pendant une durée considérable. Telles furent les recherches maintenant classiques de Chittenden sur la réduction *pratiquement* réalisable de l'alimentation azotée dans différentes classes de sujets. Leur importance nous force à en dire un mot ici, bien que l'aspect pratique ou économique de la question du minimum azoté sorte déjà de l'objet de cette revue générale, purement biochimique.

L'attention de Chittenden avait été mise en éveil par des observations de H. Fletcher, lequel parvenait à se maintenir en équilibre azoté et dans un état physique absolument satisfaisant, moyennant une ration journalière d'azote un peu supérieure à 7 gr. Il sembla qu'en étendant l'expérience à des groupements entiers et pendant un temps considérable, on verrait s'accuser, s'ils existaient, les inconvénients d'un régime aussi parcimonieux. Chittenden s'adressa donc à trois groupes

typiques, répondant à trois modalités du travail social : les travailleurs de la pensée, représentés par des membres de l'université occupés quotidiennement à des recherches de laboratoire et s'adonnant en outre à des exercices musculaires ; les travailleurs moyens, représentés par 13 soldats du lazaret militaire ; les travailleurs « athlétiques », déployant une activité musculaire très intense, représentés par 8 étudiants des plus entraînés à l'athlétisme et aux sports. L'indication générale leur fut donnée de réduire progressivement leur ration d'albumine, sans préjudice de leurs occupations ordinaires, comme aussi d'ailleurs sans aller jusqu'au risque d'altérer leur état de santé normal. Le dosage de l'azote urinaire était régulièrement effectué, et de plus, à certaines périodes, se faisaient des analyses plus détaillées et des observations précises d'équilibre azoté. Pour le détail renvoyons aux ouvrages de Chittenden : *Physiological economy in nutrition*, New-York, 1904, et *The nutrition of man*, New-York, 1907. Nous nous bornons ici à reproduire quelques résultats généraux.

Le groupe des « intellectuels » fut soumis à l'expérience, de 7 à 9 mois. Leur excrétion azotée tombait rapidement à un peu plus de 0,1 gr. par kilog. de poids vif, et se maintenait à ce taux sans qu'ils en ressentissent aucun dommage. Ainsi, par exemple, pour Chittenden lui-même, l'azote urinaire total montait à 5,69 gr. en moyenne, soit à 0,1 gr. par kilog. de poids vif. Chez Mendel, ces valeurs étaient respectivement de 6,33 gr. et de 0,093 gr. Chez d'autres les chiffres furent un peu plus élevés.

Dans le groupe des étudiants sportsmen, au cours d'une expérience de 4 à 5 mois, la quantité d'azote urinaire par kilog. oscille entre 0,109 et 0,147.

Chez les soldats, les chiffres extrêmes furent 0,109 et 0,151 gr. par kilog. de poids vif.

Il semble donc que l'on puisse retenir comme valeur *pratique* du minimum azoté dans des conditions de santé normales et moyennant une bonne hygiène, le chiffre de 0,1 gr. de N, ou de 0,625 gr. au moins d'albumine, par kilog. de poids vif. La ration journalière d'albumine pour un homme de 60 kilog. devrait donc être, d'après cela, un peu supérieure à 37,50 gr.

Bien entendu, tout le monde ne se rangea pas aux vues de Chittenden. Si nous voulions les apprécier en pur physiologiste, nous dirions qu'aucun argument sérieux et décisif ne leur a été opposé. Mais la pratique est bien complexe : il y faut tenir compte dans une certaine mesure des habitudes prises et de certains avantages psychologiques ou sociaux, auxquels on sacrifiera généralement l'optimum physiologique. Or ce sont surtout ces habitudes ou ces avantages « extra-physiologiques » qui se réflètent dans les résultats statistiques que l'on opposa de divers côtés au célèbre hygiéniste américain. Resterait à voir si ces habitudes sont raisonnables et ces avantages indissolublement liés à la forte consommation d'albumines. Nous ne pouvons entrer ici dans ces questions de pure application. Remarquons seulement qu'en général on est bien revenu de l'outrance du point de vue de Pflüger, pour qui l'idéal de l'alimentation consistait dans une offre surabondante d'albumines. On reconnaît en général que les 118 gr. d'albumine de Voit ne représentent nullement un minimum, même « pratique », à condition que la ration non azotée fournisse largement le nombre utile de calories. D'autre part certains exemples, invoqués ces dernières années, et continuellement reproduits depuis dans la petite controverse, semblent n'avoir rien de très écrasant pour les partisans de Chittenden, auxquels on les oppose : nous voulons parler des observations d'Albertoni et de Rossi (1908 et 1911) sur le régime alimentaire de paysans italiens, puis de celles

de Mc Cay (1908 et 1910) sur les étudiants bengalis : il y a, de l'infériorité constatée, bien d'autres causes possibles que le taux assez faible de l'azote alimentaire.

Quoi qu'il en soit, on ne peut oublier que les résultats de laboratoire ne sont pas transposables, sans plus, aux circonstances complexes de la vie quotidienne ; mais d'autre part ils ne sont pas non plus totalement négligeables au bénéfice de la pure statistique érigée en norme souveraine. Il est certain que les classes fortunées, dans notre monde occidental, font un réel abus des aliments azotés. Par contre, les moyennes d'alimentation de populations entières, tout en demeurant bien supérieures au strict minimum, n'indiquent pas évidemment un excès nuisible. Voici par exemple, d'après Armand Gautier (1913), la moyenne, par tête, de l'alimentation libre, que choisit une bonne part de la population parisienne, protégée contre l'abus par la modicité même de ses ressources financières :

Albumines : 97 gr. *Graisses* : 58 gr. *Hydrates de carbone* : 418 gr.

Ces moyennes sont plus faibles, sans qu'il en paraisse résulter d'inconvénient, dans les régions orientales, où l'alimentation est d'ailleurs en grande partie végétale. Nous empruntons à Mendel (1911) quelques données publiées par Oshima (1905) sur le régime de différentes classes de la société japonaise :

	Poids	*Ration d'albumine*	*Graisses*	*Hydr. de C.*
Employé :	57,5 kg.	65,3 gr.	11,3 gr.	493,8 gr.
Marchand :	47,6 »	81,5 »	19,6 »	366,2 »
Médecin :	40,2 »	48,3 »	15,5 »	438,2 »
Étudiant :	49,0 »	74,8 »	11,2 »	326,9 »
Id. en médec.	48,5 »	64,7 »	5,1 »	469,6 »
Id. id.	51,0 »	42,8 »	14,0 »	438,2 »
Soldat :	66,7 »	75,8 »	13,5 »	563,8 »
Soldat :	56,7 »	55,2 »	10,9 »	459,6 »
Prisonnier : (sans travail imposé).	47,6 »	36,3 »	5,6 »	360,4 »

Si modestes que soient plusieurs de ces chiffres, ils se trouvent encore supérieurs à ceux de Chittenden. Mais nous n'avons pas à trancher le différend. Rapprochons-nous plutôt du point de vue purement théorique, dont nous nous sommes écartés quelque peu.

Lorsqu'on disserte sur le minimum azoté, il convient de prendre garde aux variations individuelles qu'il présente, et à celles qu'il subit du chef de certains états pathologiques. Les variations individuelles, nous les avons vues se manifester déjà dans l'écart, très faible d'ailleurs, des chiffres exprimant l'excrétion azotée minima par kgr. de poids vif. A vrai dire, ces déterminations de minima sont trop délicates pour que leurs menus écarts prennent une signification bien précise ; comment en effet s'assurer, sinon approximativement, que le minimum enregistré est bien, à cet instant, le vrai minimum possible ? D'autant plus que ce strict minimum possible semble varier avec l'état physique général du sujet en expérience. L'erreur sera pratiquement insignifiante, mais il ne faut pas ici plus qu'en d'autres sciences se laisser leurrer par la précision apparente des décimales accumulées. Quant aux variations pathologiques, elles peuvent se présenter en *moins* ou en *plus*. En *moins*, dans des cas de léthargie, de catalepsie hystérique, ou dans des états maladifs qui retiennent au lit le patient très affaibli. « Chez ces malades, écrit Krehl (*Pathologische Physiologie*, 6e Aufl., p. 421), on observe, dans les échanges azotés et la production de calories, des valeurs étonnamment faibles. Ils parviennent à mettre en réserve de l'albumine et de la graisse avec une ration qui ne suffirait pas, même de loin, à l'entretien d'hommes sains et vigoureux. Ceci me paraît acquis par les observations de F. Müller, de G. Klemperer et d'autres auteurs. » On serait tenté de comparer cette épargne physiologique à celle qui est réalisée dans le

jeûne, où l'organisme réduit sa dépense, surtout sa dépense d'albumines, au minimum. « Or on a l'impression que la faculté de se soutenir avec une très petite dépense d'énergie est infiniment plus grande encore dans des états pathologiques d'épuisement que dans le jeûne. D'après plusieurs observations, il en pourrait être ainsi dans le diabète et au cours d'infections graves. » (*Ibid.*, p. 122).

Inversement, l'état pathologique peut élever le minimum azoté. Ce sera le cas, en général, dans les maladies accompagnées de fièvre, dans les infections chroniques, dans les anémies graves, dans les atteintes de carcinome ou d'autres tumeurs malignes, dans certaines intoxications, etc.

Une autre circonstance encore que les idiosyncrasies et les variations pathologiques jette quelqu'incertitude sur la détermination du minimum azoté. Pas de difficulté si on le *déduit* de l'excrétion azotée durant le jeûne azoté. Mais si l'on procède par les méthodes de détermination directe, en faisant la balance des entrées et des sorties d'azote, pour en tirer la plus petite valeur absolue encore compatible avec l'équivalence des deux termes, on s'aperçoit que cette valeur ne dépend pas seulement de la teneur des entrées en azote, mais de la nature même des composés azotés que l'on fait absorber. Nous avons jusqu'ici supposé, provisoirement, que l'albumine alimentaire, quelles que fussent son origine et sa forme, était suffisamment caractérisée à notre point de vue par le rapport classique : albumine $= N \times 6{,}25$. Or il n'en est pas ainsi, et la nature même de l'albumine ingérée est un facteur indispensable à considérer. Nous nous bornerons néanmoins pour l'instant à formuler cette réserve : sa portée exacte apparaîtra mieux plus loin, au moment où nous pourrons en donner une explication très probable. En attendant, contentons-nous des détermina-

tions numériques, encore imprécises, qui ont fait l'objet des pages précédentes, et cherchons par leur moyen à nous rendre compte, autant qu'il est possible, du rôle que joue, dans le métabolisme interne, le « minimum azoté. »

b) *Le rôle de minimum d'azote.*

On se rappellera que l'albumine alimentaire peut avoir dans l'organisme une double fonction, une fonction plastique et une fonction purement énergétique. Nous avons suffisamment analysé ces notions, dans notre première partie, pour qu'il soit inutile d'y revenir. (Cf. cette Revue, n° d'avril, pp. 465 et suivantes).

Il est incontestable que la destination de l'albumine, en excès sur le minimum azoté, est principalement énergétique, ou même, en un sens, exclusivement énergétique, puisque cet excès d'albumine peut être suppléé entièrement par des aliments énergétiques non azotés, comme les hydrates de carbone et les graisses.

Mais quelle signification peut bien avoir le catabolisme de la quantité modeste d'albumine qui répond au minimum azoté ?

Remarquons d'abord que la dépense organique d'énergie présente deux aspects : elle prend la forme, soit d'un travail moléculaire, d'une production de chaleur, soit d'un travail mécanique, c'est-à-dire ici de contractions musculaires. Quel est le rapport nécessaire du métabolisme de l'azote à cette double forme de travail ?

Les contractions musculaires représentent une part considérable de la dépense énergétique ; de plus, les cellules musculaires, en exercice actif, semblent bien présenter un type de vitalité particulièrement intense. Or, que peut-on constater ? Que la contraction musculaire, moyennant un apport suffisant d'hydrates de carbone, ne marque aucune dépendance appréciable vis-à-vis des échanges azotés. C'est là aujourd'hui un point bien acquis. Mendel (1911) peut écrire, sans

restriction aucune, que « l'indépendance de l'activité musculaire et du métabolisme de l'azote est un fait clairement établi ». Nous en trouvons une confirmation dans les recherches de Folin (1905), dont nous avons parlé plus haut : la désassimilation de la trame albumineuse du muscle entraîne une libération de créatinine ; or Folin constate que le catabolisme de la créatinine est remarquablement constant, et sans rapport sensible avec les variations de l'activité musculaire. Ne doit-on pas conclure de là que le coefficient d'usure des tissus musculaires, que nous admettons a priori être inséparable de leur activité vitale, peut être réduit, grâce aux suppléances non azotées, à des valeurs infimes ; si bien que la trame albumineuse, loin d'être l'agent même de la production d'énergie mécanique, semblerait être simplement le laboratoire permanent où cette production s'effectue ?

Quant à la production de travail moléculaire, de chaleur, on ne voit pas bien non plus le rôle nécessaire qu'y tiendraient les albumines. Car les hydrates de carbone et les graisses peuvent couvrir surabondamment tout l'emprunt de calorique ; et l'on serait plutôt tenté de croire que l'organisme ne brûle son albumine qu'à leur défaut. La quantité de l'albumine vivante qui se détruit et se renouvelle, écrit Bouchard (*Traité de pathologie générale*, t. III, p. 223) « n'est pas influencée par le travail musculaire, ni par le froid, pourvu que les aliments fournissent, indépendamment de l'albumine fixe à remplacer, assez de matière organique pour en dégager les calories qu'exigent le travail musculaire et la lutte contre la réfrigération. Elle n'est pas influencée non plus par les variations de l'apport de l'oxygène. » La désagrégation chimique des tissus n'a donc pas plus pour *but* la production de travail moléculaire qu'elle ne peut avoir pour *but* la production de travail mécanique. Sans doute, elle s'accompagne,

comme toute dissociation de composés endothermiques, d'un certain dégagement de chaleur, mais celui-ci est secondaire et, en tant que tel, serait avantageusement suppléé par une combustion de corps ternaires. Encore n'est-il pas sûr que la valeur énergétique de la désassimilation minima des albumines soit réellement appréciable, car peut-être répond-elle seulement à l'exhalation de chaleur qui résulte d'un premier clivage de la molécule albuminoïde, et les chaînons hydrocarbonés ainsi libérés, au lieu d'être brûlés à leur tour, sont-ils rengagés immédiatement dans une resynthèse ultérieure. En tous cas, le rôle de l'albumine *minima* est avant tout et essentiellement *plastique* et ne comporte un aspect énergétique, peu important en lui-même, que par manière de conséquence. Nous admettons donc qu'une certaine portion de l'albumine alimentaire, celle qui correspond au strict minimum azoté, entre réellement dans la constitution des cytoplasmes vivants, ou du moins a une fonction chimique qui ne saurait être suppléée.

On voit aisément, sans qu'il soit besoin d'y insister, que cette fonction chimique du minimum azoté s'exprimera par les mêmes valeurs que « l'usure cellulaire », l'*Abnützungsquote*, de Rubner et que le « métabolisme endogène » de Folin (voir cette Revue, avril 1913, pp. 473 et 484). Encore faut-il bien s'entendre, et faire rentrer dans ce « métabolisme endogène » une partie des fonctions sécrétrices, comme nous allons l'indiquer tout de suite. Mais sans même effectuer cette soustraction nouvelle sur des chiffres déjà excessivement faibles, à quelles proportions insignifiantes ne se réduit pas la désassimilation proprement dite des tissus : pour une journée entière de vie normale, une perte d'azote de 0,0317 gr. ou une dissociation d'albumine de 0,198125 gr., par kilogramme de tissu vivant ! Et dans des cas pathologiques de catabolisme ralenti, il semble que l'on

puisse descendre beaucoup plus bas sans que la vie soit compromise.

Et cependant, si l'on veut se rendre compte du déchet azoté qui serait *indissolublement* lié à la vitalité d'un tissu, comme telle, il faut encore rabattre quelque chose des chiffres ci-dessus.

En effet, le travail moléculaire et le travail mécanique ne sont pas les seules manifestations de l'activité cellulaire qui accompagnent l'état de vie : certains tissus *sécrètent* et d'autres ont une activité *morphogénétique*. Jusqu'à quel point les chiffres relatifs au minimum azoté couvrent-ils ces deux fonctions ?

Remarquons d'abord que ces fonctions s'exercent avec un déchet d'azote. Toutes les sécrétions organiques contiennent des matières protéiques en plus ou moins grande quantité. Il convient donc de s'assurer si l'azote sécrétoire est suffisamment représenté dans la balance des recettes et des dépenses azotées qui sert de base aux déterminations du « minimum ». Or le produit de glandes comme les glandes sudorales, sébacées, cérumineuses, et autres glandules, échappe totalement à cette balance : heureusement la teneur en composés azotés est ici extrêmement faible. Y échappe aussi le produit des glandes annexes de l'appareil génital : mais ceci encore est pratiquement négligeable. D'autres sécrétions : sécrétions internes, ferments du sang, ou bien demeurent dans le milieu intérieur, ou bien, après y avoir été décomposées, sont reprises pour de nouvelles synthèses internes ou sont éliminées par les urines ; quant aux sécrétions les plus abondantes, les sécrétions digestives, elles sont en partie résorbées et en partie éliminées par l'intestin. Dans les dosages du déchet azoté, on se contente souvent de déterminer l'azote urinaire ; parfois on y ajoute l'azote retrouvé dans les fèces : or celui-ci représente, inextricablement confondus, le déchet non absorbé des aliments azotés

et le déchet non résorbé des sécrétions du tractus digestif. L'un devrait venir en déduction de l'azote alimentaire, l'autre en addition à l'azote excrété.

Il faut donc, au point de vue qui nous occupe, faire deux parts dans les sécrétions : les unes, tout en constituant une véritable excrétion azotée, échappent à la balance des entrées et sorties : régulièrement elles devraient y augmenter un peu le poste des dépenses ; les autres sont résorbées ou demeurent dans le milieu intérieur : il semble qu'elles doivent y subir une décomposition qui ne va pas sans excrétion d'une partie de leur azote par les urines. L'azote urinaire reflète donc, outre le déchet azoté lié au fonctionnement même de la vie, le déchet azoté qui provient de l'activité très spécialisée de certaines cellules, les cellules glandulaires. Corrélativement, la nourriture absorbée sert en partie à permettre l'activité sécrétoire et non pas seulement à réparer l'usure du protoplasme vivant.

La même complication se présente à qui veut tenir compte de l'activité morphogène que conservent certains tissus. On sait que la plupart des tissus de notre organisme sont morphologiquement fixes, c'est-à-dire que leurs éléments cellulaires ont perdu la propriété de se reproduire par division. Tels sont, par exemple, les tissus nerveux, musculaires, glanduleux. Par contre, en dehors même des cellules reproductrices des organes génitaux, d'autres tissus, comme l'épiderme, l'endothélium intestinal, ont gardé et exercent activement la faculté du renouvellement cellulaire. Or ici, de nouveau, une véritable excrétion azotée échappe aux estimations habituelles des physiologistes : elles n'atteignent ni la desquamation épithéliale, ni le déchet de kératine des cheveux et des ongles (sauf dans certains dosages effectués sur des chiens, où il était manifeste que ce facteur prenait quelque importance), ni d'autres déchets figurés. Le raclage de la muqueuse intestinale se tra-

duit, pour sa part, dans le dosage des déchets digestifs, quand on prend la peine de l'effectuer. Une partie de la nourriture azotée sert donc, ici, non plus au simple entretien de la vie cellulaire, mais au renouvellement cellulaire, c'est-à-dire à une croissance partielle de l'organisme. Et comme ce renouvellement cellulaire se traduit en partie dans l'estimation numérique de l'azote total excrété, et même comme nous le verrons bientôt dans celle de l'azote urinaire, la même conclusion s'impose qu'à propos des sécrétions, à savoir que le « minimum azoté » dépasse la valeur de la simple *usure vitale* des tissus.

Mais alors les tissus vivants, ceux surtout qui ne subissent plus de changement morphologique chez l'adulte, comme le tissu nerveux, loin d'être emportés dans un « tourbillon vital » où leur substance devrait, de vive force, maintenir sa forme d'équilibre caractéristique malgré un flux perpétuel de matière, ces tissus sont d'une stabilité remarquable, et, s'ils doivent réparer quelques brèches, ne semblent pas du tout astreints, pour garder leur vitalité, à un renouvellement chimique perpétuel ? Sans doute, c'est bien la conclusion qui s'impose ici. Qu'est-ce alors que la vie végétative ?... Laissons provisoirement ces préoccupations théoriques, car nous ne sommes point encore au terme de notre enquête biochimique.

3. *Les équivalences azotées.*

a) Plus d'une fois, au cours de ces pages, nous nous servîmes, pour estimer approximativement la quantité d'albumine qui correspondait à un poids donné d'azote, de la formule classique : $N \times 6{,}25 =$ albumine. C'est le moment de justifier les réserves, que nous avons faites alors, sur la valeur réelle de cette expression.

Gley, dans son excellente *Physiologie*, précise très clairement la signification du facteur 6,25. L'usage qu'on en fait pour déduire d'un certain poids d'*azote*

la valeur d'une certaine quantité d'*albumine* repose sur deux hypothèses : d'abord, que tout l'azote en question provient uniquement de matières albuminoïdes ; ensuite, que les matières albuminoïdes elles-mêmes contiennent toujours exactement 1/6,25 (= 16 %) de leur poids d'azote. Cette double hypothèse est-elle toujours vérifiée ? Il s'en faut de beaucoup. Elle est à peu près applicable aux complexes azotés d'origine animale. Mais ni l'une ni l'autre hypothèse ne s'applique aux composés azotés d'origine végétale, donc à une notable partie de nos aliments. En effet, d'une part les aliments végétaux contiennent des proportions variables de corps azotés autres que les albumines, par exemple des nitrates, des produits amidés ; et d'autre part les albumines végétales renferment parfois jusqu'à 19 % d'azote.

Donc, dans la détermination du minimum azoté au moyen des méthodes directes, il conviendrait de ramener les dosages d'azote à la valeur du seul azote albumineux, en tenant compte de plus de la variation du taux de l'azote, d'albumine à albumine.

b) Mais ce n'est pas tout, et, même, nos déterminations demeurent affectées d'une incertitude beaucoup plus grave que la précédente. Supposons que la quantité d'azote dosé, multipliée par 6,25, représente très exactement une quantité d'albumine correspondante. Il resterait encore que les différentes sortes d'albumines ne sont pas également propres à franchir toutes les étapes de l'assimilation dans un organisme donné : car elles ne subissent pas une apposition en bloc aux tissus, mais sont utilisées partiellement, et cela dans une proportion très variable. Une partie plus ou moins notable de la molécule étrangère est simplement désagrégée, et éliminée avec les urines. On doit donc s'attendre, dans les expériences directes sur les valeurs minima de l'équilibre azoté, à rencontrer des variations du

minimum en dépendance des modes divers d'alimentation. De fait, l'expérience montre très nettement ces variations.

Michaud (1909) eut l'idée d'alimenter des chiens avec un poids d'albumines diverses correspondant à la quantité d'azote excrétée par eux pendant le jeûne azoté. L'essai se faisait donc au voisinage du minimum azoté. Or parmi les albumines présentées, il réussit à faire absorber aussi, par les animaux en expérience, des albumines de leur propre espèce : chair musculaire, sérum, etc. de chien. Il mesura l'écart *positif* ou *négatif* que subissait l'équilibre azoté du chef de ces diverses alimentations : l'écart se trouva constamment positif en faveur de l'albumine spécifique, négatif au contraire pour les albumines étrangères ; voici d'ailleurs quelques chiffres :

Écarts positif et négatif de l'équilibre azoté

Albumines étrangères	*Albumines spécifiques*
— 0,35 gr.	+ 0,17 gr.
— 0,33 »	+ 0,17 »
— 0,52 »	+ 0,08 »
— 0,63 »	+ 0,18 »
— 0,29 »	+ 0,43 »
— 0,10 »	+ 0,04 »
— 0,24 »	+ 0,17 »

Ce tableau indique à l'évidence une meilleure utilisation des albumines spécifiques. Plus les aliments azotés se rapprocheront d'elles, plus faible aussi sera donc la valeur du minimum azoté. Vers la même époque (1909), des expériences de Busquet sur des grenouilles, alimentées tantôt avec de la chair de grenouille, tantôt avec de la viande de veau ou de mouton, conduisirent à des résultats analogues, moins précis toutefois.

Rubner, l'année précédente (1908) avait publié de

son côté des tableaux d'équivalence azotée. Les données qu'il fournit impliquent à la fois, sans les distinguer, les teneurs diverses des aliments en albumine et les différences du coefficient d'utilisation des albumines elles-mêmes.

En 1909, dans le laboratoire de Rubner, Thomas poursuit les recherches commencées par l'éminent physiologiste berlinois sur les différences de valeur nutritive des albumines alimentaires. Ses résultats sont très précis. En voici un résumé assez parlant : l'azote compris dans 100 gr. de poids brut de chacun des aliments énumérés ci-dessous équivaut, au point de vue de l'utilisation nutritive, à un poids *n*, variable, d'azote des tissus :

100 gr. de :	*Contiennent en albumine* (1)	*Équivalent à* n *gr. d'azote des tissus : valeurs de* n
Viande de bœuf (maigre)	20,7 gr.	3,69 gr.
Crevettes	—	2,95 »
Poisson	20,0 » (moyenne)	2,63 »
Farine de pois	23,4 »	2,06 »
Farine de riz	8,1 »	0,91 »
Farine de froment	12,1 »	0,73 »
Lait	3 4 »	0,50 »
Épinards	3,7 »	0,33 »
Chou-fleur	2,5 »	0,22 »
Pomme de terre	2,1 »	0,20 »
Cerises	—	0,08 »

Le fait que nous indiquions tout à l'heure est donc bien établi : à mesure que l'on s'écarte des albumines spécifiques, l'alimentation azotée laisse un déchet de plus en plus grand, inutilisable pour la restauration azotée des tissus. Ou si l'on veut, pour employer les expressions mêmes de Thomas, la « valeur biologique » de

(1) Nous ajoutons cette colonne au tableau de Thomas, pour faciliter la comparaison. Les données ici reproduites sont empruntées au *Lehrbuch der Physiologie*, 1909, publié sous la direction de Zuntz et Loewy, chap. XXII, *Stoffwechsel*, par M. Zuntz, p. 703.

l'azote alimentaire ne correspond pas à la teneur des aliments en albumine, ni, à fortiori, à la quantité absolue d'azote qu'ils contiennent. Cette constatation ressortira plus facilement peut-être du tableau suivant, où les éléments groupés sont directement comparables :

Matière alimentaire	*Azote total*	*Azote albumineux*	*Valeur biologique* (exprimée en valeurs d'azote organique)
Viande de bœuf	100	87,5	104,7
Lait	»	95,0	99,7
Poisson	»	93,7	94,4
Riz	»	95,0	88,3
Crevettes	»	69,1	79,1
Pommes de terre	»	63,0	78,9
Épinards	»	76,9	63,8
Pois	»	90,0	55,7
Froment	»	71,4	39,5
Maïs	»	94,8	23,5

Nous ne pouvons entrer ici dans les détails techniques qui permettraient de préciser la portée exacte de ces chiffres. Tels quels, sans commentaires, ils montrent du moins clairement la seule chose que nous voulions établir ici : que la valeur biologique n'est pas parallèle à la teneur en albumine, loin de là.

c) Comment expliquer cette valeur d'assimilation si inégale des différentes albumines ?

L'hypothèse explicative proposée par Abderhalden (1906) nous paraît de loin la plus probable, car elle s'emboîte parfaitement dans un ensemble de faits bien constatés, auxquels elle prête d'ailleurs une signification plus complète.

Rappelons-nous que la digestion gastrique et intestinale des albumines les réduit finalement en produits de dissociation, qui sont surtout des polypeptides et des acides aminés. Les albumines étrangères ne sont donc pas, du moins pour la majeure partie, absorbées par le milieu intérieur sous leur forme d'origine. D'autre part,

s'il est un fait actuellement bien établi, c'est que les albumines organiques sont strictement spécifiques, marquées dans leur constitution intime de l'empreinte caractéristique de l'espèce à laquelle elles se rattachent. Or, cette diversité spécifique se traduit, en langage chimique, par une diversité dans les proportions relatives et la distribution des moellons constitutifs de la molécule albumineuse. La digestion a réduit en moellons épars l'apport des albumines étrangères : dans ces matériaux disjoints, l'organisme vivant se choisit ceux qui conviennent à l'édification de sa propre substance ; il se refait, à leurs dépens, ses diverses albumines spécifiques : sérumalbumine, globulines, albumines des tissus. Ce triage ne va pas sans un déchet azoté : certains moellons sont inutilisables pour la resynthèse. Et le déchet sera d'autant plus grand que la composition des albumines alimentaires s'écartera davantage de celle des albumines organiques à reconstituer. Que deviendront les moellons non utilisés ? Ils seront désagrégés : leurs portions hydrocarbonées iront augmenter le combustible énergétique et leur azote grossira l'excrétion d'urée.

Veut-on un exemple de cette diversité de la composition des albumines en acides aminés? Nous l'empruntons à Osborne (1911, dans Mendel, 1911). Les chiffres indiquent, pour les différentes albumines mentionnées, le pourcentage d'acide glutamique :

Albumines animales		*Albumines végétales*	
Albumine du sérum	8 %	Excelsine	13 %
Globuline du sérum	9 %	Légumine	17 %
Ovalbumine	8 %	Edestine	19 %
Caséine	16 %	Conglutine	21 %
Muscle de poisson	10 %	Glutenine	23 %
Muscle de bœuf	15 %	Zéine	26 %
Muscle de poulet	16 %	Hordéine	43 %
Moules	15 %	Gliadine	43 %

L'hypothèse d'Abderhalden n'est donc à peu près que la constatation d'un fait. Elle explique aussi à merveille l'insuccès qui contraria longtemps les essais d'alimentation azotée au moyen des seuls amino-acides : ils réussirent le jour où, par tâtonnements, l'on découvrit la proportion convenable où devaient se trouver ces éléments abiurétiques pour permettre le triage préalable aux synthèses organiques. Avant le moment de la réussite, ou bien certains éléments manquaient ou bien ils étaient en quantité insuffisante.

Sans doute conviendrait-il, pour rendre compte plus complètement de la différence des coefficients d'assimilation d'albumines qualitativement différentes, de mettre en ligne d'autres facteurs encore que la proportion et la répartition diverse des acides aminés. En effet, l'assimilation de l'azote alimentaire est une réaction de colloïde sur colloïde, et l'on sait combien ces réactions peuvent être sous l'influence de traces minimes d'agents non azotés, par exemple de métaux ou de métalloïdes (1) : l'utilisation azotée elle-même en sera favorisée ou entravée selon les cas. Mendel (1911), pour cette raison et pour d'autres encore, est fort bien inspiré, tout en défendant le point de vue de Chittenden, de souligner la complexité des facteurs qui interviennent dans le problème du minimum azoté.

Il faut dire pourtant que la considération de ces facteurs secondaires ne tend pas précisément à nous faire relever à des valeurs plus fortes l'importance du minimum azoté théorique, c'est-à-dire de celui qui correspondrait rigoureusement à la désassimilation des tissus vivants. Au contraire, ce minimum, considéré au seul point de vue des substitutions azotées, devrait sans doute être abaissé en dessous des chiffres globaux

(1) Sur le principe de ces réactions, voir notre article : *Pour faciliter la lecture des travaux récents de physiologie générale. I. Les Colloïdes.* Rev. Quest. scient., octobre 1910, surtout pp. 42-44.

publiés jusqu'ici. A mesure qu'on l'analyse, il devient plus insaisissable. Y a-t-il même, dans les circonstances normales, une « usure vitale » des tissus ? Si l'on tient compte du déchet qui accompagne inévitablement les synthèses et resynthèses spécifiques de l'azote, l'excrétion azotée minima, et le minimum nécessaire d'azote alimentaire, ne s'expliquent-ils pas suffisamment par l'activité sécrétrice (production de ferments et de liquides organiques) et par l'activité morphologique (multiplication cellulaire) de certains tissus ? Il est vrai que si nous admettons le rôle actif des « endoenzymes », analytiques et synthétiques, dans le chimisme intracellulaire, toute cellule qui vit devient dès lors « sécrétrice », en ce sens qu'elle produit des ferments, dont l'usage ne va pas sans doute sans un certain déchet non récupérable. Serait-ce là la seule source du besoin cellulaire minimum d'azote ?

A ces questions, personne, croyons-nous, ne saurait répondre aujourd'hui. Mais il n'est pas sans intérêt qu'elles puissent se poser.

4. *Les agents de l'assimilation.*

Nous venons de constater longuement qu'à part les sécrétions et la multiplication cellulaire, le « métabolisme endogène » de l'azote se réduisait à extrêmement peu de chose, du moins dans le cas d'un organisme maintenu en équilibre parfait. Mais il est peu probable que cet équilibre soit autre chose, même dans les circonstances les plus normales, qu'une moyenne constante de très petites oscillations. Puisque l'albumine des tissus est immédiatement entamée, dans l'état général et un peu prolongé d'inanition, rien de plus naturel que de supposer qu'elle l'est aussi, si faiblement que ce soit, dès que s'établissent, ici ou là, les conditions d'une inanition locale et transitoire : d'où sans doute, dans les différentes cellules, une alternance assez capricieuse de désagrégation organique et d'assimila-

tion azotée compensatrice. Peut-être, comme l'insinue Schryver (1906), cette alternance tient-elle simplement à la réaction alcaline ou acide du milieu. Ceci n'est qu'une pure hypothèse, et nous ne prétendrons pas qu'elle soit à l'abri de toute objection sous la forme que lui donne son auteur. Mais du moins peut-elle servir utilement à se faire une représentation provisoire d'un processus possible.

On sait que les corps cellulaires ne contiennent pas seulement des masses albumineuses, réparties dans leur protoplasme et leur noyau : ils renferment en outre divers ferments chimiques, des endoenzymes, dont on peut observer le mode d'action dans les phénomènes d'autolyse qui suivent la mort de la cellule. Ces processus autolytiques sont une véritable digestion de l'albumine organique ; ils montrent, enchevêtrés, tous les aspects typiques des réactions fermentaires peptolytiques, tryptiques, éreptiques, et ainsi de suite. Les endoenzymes demeurent-elles, toute la vie, inactives au sein des cellules ? C'est bien peu probable. On admettrait plus facilement qu'elles y exercent leurs actions spécifiques dès que les conditions extrinsèques de ces actions sont réalisées : or parmi les conditions générales d'action des enzymes il faut compter la réaction du milieu où elles se trouvent en solution.

Nous rencontrons donc dans toutes les cellules autolysées des agents capables d'en attaquer les albumines, et de les dissocier en sous-produits qui ne diffèrent pas foncièrement de ceux que livre le jeu normal de la désassimilation organique elle-même : polypeptides, acides aminés, arginine et urée, nucléine et ses éléments constitutifs... La similitude des effets de l'autolyse et de la désassimilation ne permet-elle pas de conclure, par hypothèse, à l'identité des causes, c'est-à-dire à l'action de part et d'autre des mêmes agents fermentaires ?

Dans cette hypothèse, donc, la désassimilation proprement dite se ferait sous l'influence des enzymes sécrétées par les cellules elles-mêmes. Mais il y a toutes sortes de raisons théoriques d'admettre que ces enzymes sont aussi bien constructrices que destructrices, aussi bien synthétiques qu'analytiques. Nous tiendrions alors, du même coup, les agents de l'assimilation proprement dite, les agents de la synthèse azotée strictement spécifique. Peut-être Schryver a-t-il raison jusqu'à un certain point, et les *mêmes* agents fermentaires ont-ils une influence synthétisante ou analytique, *surtout* d'après la réaction acide ou basique du milieu cellulaire.

Ce serait une conception très séduisante, parce que très simple, que de considérer, à chaque étape du métabolisme azoté, depuis la digestion jusqu'à l'assimilation, les amidases ou les protéases comme les instruments les plus immédiats de l'activité vitale et spécifique. En effet, qu'elles soient déversées dans le tube digestif ou qu'elles demeurent enfermées à l'intérieur des cellules, ces enzymes sont fondamentalement les mêmes, et partout aussi, dans leur action, elles portent la marque de la spécificité de l'organisme d'où elles dérivent. Dès l'étape préliminaire de la digestion, le clivage qu'elles effectuent prépare très spécialement la synthèse rigoureusement spécifique qui doit suivre (Abderhalden, 1906 et plus tard ; Lambling, 1906). Et cette action synthétique elle-même n'est que la réédition, à peu près symétrique mais inverse, de leur action digestive. Il resterait à étudier, dans ce cas, les conditions précises qui déterminent le sens — direct ou inverse — de la réaction protéolytique. En soi, ce serait un simple problème de déplacement d'équilibre, parfaitement formulable en termes de mécanique chimique.

Nous n'insisterons pas cependant sur ces considérations théoriques qui peuvent faire illusion sur notre ignorance réelle. Au fond, quand nous avons défini

l'action fermentaire selon les formules de la dynamique des enzymes, nous n'avons fait que *décrire* et *grouper* : nous n'avons pas encore *expliqué* le mécanisme réel et causal de cette action. Et si l'on songe que l'expression abrégée et commode de « catalyse fermentaire » couvre une complexité de réactions colloïdales d'adsorption, d'actions chimiques intermédiaires, d'affinités chimiques simples, d'états électrique ou électrolytique, de vitesses de diffusion, de particularités thermodynamiques diverses, on n'est plus guère tenté de croire que l'on ait forcé déjà les derniers retranchements de l'activité vitale. Ce qui est vrai, c'est que l'on a mieux défini, empiriquement, quelques conditions de son exercice, et que l'on a peut-être ébranlé par là des conceptions théoriques trop étroites ou trop aventureuses (1).

TROISIÈME PARTIE

LES ÉTAPES INTERMÉDIAIRES DU MÉTABOLISME ANIMAL

1. *Métabolisme intermédiaire des graisses et des hydrates de carbone.*

Notre intention n'est pas d'aborder l'étude d'ensemble, même sommaire, des phases intermédiaires du métabolisme : ce serait nous engager à écrire un Traité volumineux et compliqué. Nous voudrions seulement, dans l'ordre des préoccupations qui inspirèrent les deux premières parties de cet article, mettre en évidence quelques aspects, plus récemment étudiés, des réactions nutritives qui précèdent ou qui suivent l'assimilation.

(1) Nous avons fait ce chapitre très bref, ne croyant pas devoir revenir sur le détail de considérations développées et justifiées dans un de nos articles précédents : cf. sur les endoenzymes, les ferments synthétiques, la mécanique fermentaire et son interprétation physique : *Pour faciliter la lecture des travaux récents de physiologie générale. II. Enzymes et catalyseurs.* Rev. Quest. scient., janvier 1911.

Encore, notre attention se portera-t-elle surtout sur le métabolisme intermédiaire des composés azotés : des hydrocarbonés et des graisses nous n'aurons que fort peu de chose à dire. On sait le cycle que ces composés ternaires parcourent dans l'organisme, cycle entrecoupé, pour une portion d'entre eux, par une mise en réserve sous la forme de dépôts graisseux ou d'accumulation de glycogène. Leur sort est celui d'un combustible, charrié à travers la trame vivante sans en faire jamais partie intégrante, d'un combustible auquel une série graduée d'oxydations fait rendre impitoyablement toute son énergie disponible. Tout cela est bien connu et, à beaucoup d'égards, très exact. Nous n'ajouterons qu'un mot, pour ne point paraître négliger quelques suggestions théoriques qui s'élèvent, un peu timidement encore, de l'expérience.

Au premier moment de l'utilisation des *graisses* et des *lipoïdes* organiques, se place presque certainement l'action de lipases, qui dédoublent les graisses neutres et en dégagent les acides gras. Mais quel est le sort de ces derniers ? Sont-ils oxydés et ramenés à la forme d'hydrates de carbone sous l'influence d'oxydases ? Tous les essais tentés pour réaliser cette réaction fermentaire ont échoué, déclare Oppenheimer, dans son ouvrage classique sur les ferments (1910). Et l'on n'a pas même la preuve que des corps acétoniques puissent dériver, par un mode semblable d'oxydation, de chaînes d'acides gras. Tout est ici conjecture plus ou moins probable.

Mais à côté des processus directs d'oxydation, voici que l'on soupçonne l'existence de dissociations « anoxybiontiques », c'est-à-dire effectuées en l'absence d'oxygène. Weinland en a décrit chez des invertébrés (1909) : ce genre de processus se produit-il aussi chez les vertébrés supérieurs ? On n'en possède pas la preuve directe, mais il serait assez commode de le supposer.

Nous sommes un peu mieux renseignés sur le sort des *hydrates de carbone*. De même que les dépôts de graisse sont attaqués d'abord par des lipases, les dépôts de glycogène le sont par des amylases. Celles-ci transforment le glycogène en glucose. Mais comment le glucose lui-même est-il utilisé ?

Weinland découvrit chez des invertébrés des processus anoxybiontiques de dissociation du glucose. Le produit le plus important est, dans ce cas, l'acide lactique. Or tout indique qu'une pareille fermentation anaérobie se développe parfois, et même peut prendre transitoirement une importance prépondérante, chez les animaux supérieurs eux aussi. On n'entrevoit d'ailleurs pas d'autre mécanisme d'utilisation du glucose dans certaines circonstances où l'apport d'oxygène est momentanément insuffisant, par exemple dans les contractions musculaires soutenues ou répétées au delà de la limite de fatigue physique, ou mieux encore dans les expériences de travail musculaire sous une oxydation artificiellement réduite. On sait qu'il se forme alors de l'acide lactique.

Mais on peut supposer que cette dissociation anoxybiontique n'est pas seulement un processus accidentel, une simple suppléance de l'oxydation ; ne serait-elle pas la première étape de toute utilisation énergétique du glucose ? Plusieurs biochimistes admettent que le glucose subit d'abord une véritable fermentation, sous l'influence de ferments glycolytiques dont l'action serait analogue à celle de la levure. Ainsi naîtraient des produits intermédiaires encore inconnus, qui donneraient naissance à de l'alcool éthylique ou à de l'acide lactique. En l'absence d'oxygène, la réaction pourrait en rester là. Si l'oxygène est présent en quantité suffisante, les oxydases entrent en jeu, et réduisent par oxydation les produits terminaux de la réaction anoxybiontique en anhydride carbonique et en eau (Oppen-

heimer, 1910). Effectivement Battelli et Stern ont isolé des tissus animaux une oxydase alcoolique (1910) : peut-être est-ce là un élément de la gamme des diastases, dont l'action doit s'exercer sur la série des formes chimiques qui séparent le glucose de ses derniers produits d'oxydation ?

Répétons, avec Oppenheimer, que tout ceci est purement hypothétique. Du moins l'hypothèse ne laisse-t-elle pas d'être séduisante, car elle nous permettrait d'étendre à l'ensemble des processus du catabolisme la combinaison normale des deux formes de dissociation : anoxybiontique et oxybiontique. Elles se retrouvent en effet au cours du catabolisme de l'azote. nous le constaterons plus loin.

2. *Métabolisme intermédiaire de l'azote.*

a) *Sort immédiat des produits de la digestion des albumines.*

La découverte de l'érepsine par Cohnheim, en 1901, fit remettre en question, et bientôt abandonner, des vues fort généralement admises jusqu'alors. D'une part, les albumoses et les peptones semblaient être les produits normaux de la digestion des albumines et absorbées comme telles par la muqueuse intestinale. D'autre part, outre qu'on n'en trouvait pas de trace à l'analyse du sang de la veine-porte, on constatait que ces produits, introduits dans le sang, étaient toxiques. Et l'on concluait, du rapprochement de ces données, que les albumoses et les peptones se transformaient, au passage même de la muqueuse intestinale, en albumine et en globuline du plasma sanguin.

En réalité, nous le savons, la dislocation des albumines sous l'action des sucs digestifs va beaucoup plus loin, et elle est d'ailleurs parachevée, pour autant qu'il en est besoin, par l'érepsine de la muqueuse. La réduction de la majeure partie des albumines alimentaires

en acides aminés est un fait : seule l'extension exacte de cette dissociation peut encore être discutée.

Tout le problème actuel est de savoir le sort ultérieur des acides aminés, absorbés par la muqueuse. Ils sont certainement resynthétisés quelque part en albumines spécifiques ; mais où ?

On pouvait songer à élucider le problème par des analyses du sang. Effectivement, l'on ne rencontra dans le sang, au cours de la pleine digestion, ni amino-acides, ni polypeptides, ni albumines étrangères quelconques. Une conclusion semblait s'imposer, et quelques-uns la tirent aujourd'hui encore : que la resynthèse albumineuse s'effectue donc en amont des ramifications absorbantes de la veine-porte, c'est-à-dire à l'intérieur même de la muqueuse intestinale ; puis, que cette resynthèse fournit directement les sérumalbumines et les sérumglobulines spécifiques. Le raisonnement est impeccable, mais sa base expérimentale branlante. En effet, l'absorption est bien lente et la vitesse de la circulation sanguine relativement grande : si bien que le sang ne charrie, à chaque instant, que des traces minimes de l'apport azoté, sous quelque forme qu'il se trouve. Magnus-Levy (1906) a calculé que, s'il passe par les parois du tube digestif 1 à 2 litres de sang par minute, soit environ 100 litres par heure, pendant ce même temps une absorption de 10 à 15 gr. d'albumine n'amènerait dans cette masse de 100 litres de sang qu'un accroissement d'azote de 2 gr., c'est-à-dire de 0,002 %. Or avec nos méthodes d'analyse actuelles, une proportion de 3 % d'azote ne permet pas même de discerner avec certitude l'azote albumineux de l'azote d'autres provenances. On jugera par là de combien il s'en faut que l'analyse du sang puisse trancher, par un résultat négatif, la question qui nous occupe.

Et cette simple considération rend caducs plusieurs arguments, que l'on a coutume de faire valoir, pour

démontrer que la resynthèse albumineuse se fait dans la muqueuse digestive. Par exemple, il serait vraiment bien difficile de tirer une conclusion ferme de l'expérience rapportée par Gley (1910) : après saignée abondante, on nourrit un cheval au moyen de gliadine de froment. Celle ci contient 31,5 °/₀ d'acide glutamique, alors que la sérumalbumine du cheval n'en contient que 7,7 °/₀ et la sérumglobuline 8,5 °/₀. Or les analyses du sang ne montrent aucun accroissement de la teneur en acide glutamique. « Il est donc très vraisemblable, conclut Gley, que les produits de la digestion de la gliadine avaient été transformés, soit dans la paroi intestinale, soit dans le foie. » La conclusion légitime ne serait-elle pas plutôt : il est certain que les produits de digestion de la gliadine ont été au moins partiellement transformés en albumines spécifiques, mais l'expérience n'indique pas, et ne peut indiquer, si cette transformation s'est faite dans la paroi intestinale, ou dans le foie, ou dans d'autres tissus. A l'appui de la même thèse, on invoque le rôle d'intermédiaire nécessaire que l'albumine circulante (albumines du plasma sanguin) tiendrait dans la nutrition des tissus, et l'on prétend démontrer ce rôle à la faveur des expériences déjà anciennes de Miescher (1880-1884) sur les saumons du Rhin. Chacun connaît la donnée essentielle de ces expériences : les saumons qui remontent le Rhin pour frayer, demeurent longtemps, et parfois plusieurs mois, sans nourriture ; durant ce temps leurs organes génitaux prennent un développement considérable aux dépens d'autres tissus et surtout des muscles. On suppose que les organes génitaux empruntent leurs matériaux nutritifs aux albumines du sang et que celles-ci se renouvellent grâce à la fonte des tissus. Le cas est d'ailleurs absolument semblable à celui du jeûne total, dont nous avons déjà parlé. Il est évident que l'argumentation présentée sous cette forme n'a rien de pro-

bant : pourquoi, en effet, les produits de dissociation des tissus mis à contribution ne seraient-ils pas entraînés, au fur et à mesure, par le sang, dans les organes à nourrir, et resynthétisés là directement ? A quoi bon supposer une synthèse intermédiaire, immédiatement défaite ? Soit ; mais le sang ne contient pas trace décelable d'acides aminés. Nous savons ce que peut valoir cette objection ; on en présenterait d'ailleurs de plus sérieuses, par exemple celle-ci : que la régulation même de la désassimilation des tissus ne s'explique pas sans faire appel au rôle nutritif intermédiaire de l'albumine circulante, conformément aux idées de Voit que nous avons rappelées plus haut (2e partie, Revue Quest. scient. avril 1913, pp. 477-478). A vrai dire, aux idées de Voit il serait toujours loisible d'opposer celles de Pflüger ; mais nous préférons répondre, qu'à notre sentiment, les unes et les autres, sous leur forme compréhensive mais un peu sommaire, nous paraissent également surannées, quelque part de vérité qu'elles puissent contenir : on entrevoit dès maintenant, sans la débrouiller encore, une bien autre complexité des régulations nutritives. Mais voici qui mérite peut-être plus d'attention : chez les saumons migrateurs et chez des animaux inanitiés, la quantité des globulines du sang augmente : n'est-ce pas l'indice d'une augmentation de l'albumine circulante provoquée par la désassimilation des tissus, musculaires et autres, et destinée à subvenir aux besoins nutritifs des organes favorisés ? C'est possible ; mais l'on pourrait encore répondre, ce qui ressemblerait du reste à une mauvaise défaite, que dans ces cas d'inanition locale l'albumine circulante assume un rôle accidentel, qui dépasse son rôle normal ; on pourrait dire aussi que, même à l'état normal, l'albumine circulante exerce une certaine fonction nutritive, mais seulement partielle : elle constituerait une sorte de réserve albumineuse à laquelle il serait

fait emprunt pour suppléer l'absence ou régulariser les écarts de l'alimentation externe : ce rôle prendrait, pour des raisons que nous ignorons, la prépondérance dans les états d'inanition. Mais rien n'empêcherait non plus de contester le rôle strictement nutritif de l'albumine circulante : car qui démontrera que les globulines plus abondantes du plasma sanguin, au cours de l'inanition, loin d'être la forme alimentaire présentée aux organes privilégiés, ne soient pas simplement le produit d'une réaction associée au métabolisme même de ces organes ? Si nous nous permettons de présenter ces remarques, ce n'est point pour prendre position nous-même, mais uniquement pour faire remarquer la difficulté d'un problème dont les données actuelles sont insuffisamment significatives : et il en est beaucoup de pareils en biologie.

Nous nous contenterons donc de reproduire, sans prendre parti, les deux types d'hypothèses proposées pour localiser la resynthèse des albumines alimentaires et préciser du même coup le rôle nutritif des albumines du plasma sanguin.

La première hypothèse peut se rattacher au nom de Folin (1905), elle est de beaucoup la plus simple. En dehors de la quantité relativement faible d'azote nécessaire au métabolisme endogène, cet élément ne constitue qu'une nuisance pour l'organisme. Celui-ci cherchera donc à se débarrasser au plus tôt du surplus d'azote que dégage le métabolisme exogène (énergétique) des albumines. En réalité, le processus qui prépare dès l'intestin les matériaux de la resynthèse spécifique des albumines, favorise du même coup l'élimination de l'azote superflu. En effet les actions hydrolytiques, qui libèrent les aminoacides, se poursuivent depuis l'intestin jusque dans le foie, et tous ceux des groupes amidés qui ne sont pas employés à la restauration des tissus subissent dans cet organe une disso-

ciation ultérieure, c'est-à-dire une désamidation, qui leur enlève leur azote sous la forme d'ammoniaque ; celle-ci est bientôt transformée en urée, et éliminée par les urines. Restent seulement des acides gras, radicaux hydrocarbonés, dont la structure même indique le rôle possible : nous retombons, à ce stade, dans le métabolisme des hydrates de carbone et des graisses. Une autre portion, relativement petite, des moellons azotés est utilisée pour le métabolisme endogène : la synthèse qui les ramène à l'état d'albumines s'effectue peut-être dans les cellules de la paroi intestinale, de manière à donner de la sérumalbumine spécifique : ce dernier produit serait alors distribué aux différents tissus, où il subirait une nouvelle dissociation et une nouvelle synthèse. Mais peut-être aussi une partie des moellons albumineux est-elle emportée par le sang jusqu'au niveau des différents tissus, qui en effectueraient directement la synthèse, sans passage par l'étape intermédiaire d'albumine du sérum. A ceci l'on a objecté ce qui s'observe chez des sujets atteints de cystinurie. Une absorption directe d'acides aminés est suivie d'une élimination de ceux-ci par les urines, ce qui ne semblerait pas devoir se produire si leur présence dans le sang était la condition normale de leur utilisation. Spiro, dans le *Lehrbuch* de Zuntz et Loewy, fait remarquer justement que les conditions d'une absorption massive d'aminoacides ne sont nullement comparables à celles d'une absorption normale, qui se fait lentement, par très petites doses : là réside peut-être l'unique cause de la particularité objectée.

La seconde hypothèse, adoptée par beaucoup de physiologistes, est celle d'Abderhalden (1906). La protéolyse digestive réduit les albumines en acides aminés. Parmi ces décombres, tous les matériaux qui correspondent aux éléments des albumines spécifiques sont

triés et resynthétisés en sérumalbumine ; le déchet azoté est désamidé sur place, avec formation d'ammoniaque et transformation rapide de celle-ci en urée ; les fragments hydrocarbonés peuvent avoir le même sort que dans l'hypothèse précédente. Quant à la sérumalbumine formée, elle subvient aux besoins, à la fois, du métabolisme endogène et du métabolisme exogène, du métabolisme plastique et du métabolisme énergétique de l'azote.

A. Loeb (1910) objecte à Abderhalden que cet intermédiaire de la sérumalbumine, produite dans la paroi intestinale, est parfaitement superflu, du moins pour la portion de l'albumine alimentaire qui doit avoir un usage énergétique : il faut tout de même qu'elle soit hydrolysée peu après sa synthèse. Ne serait-il pas beaucoup plus simple de marquer comme suit la succession des étapes : « dissociation dans l'intestin, transport direct aux cellules du corps, là, éventuellement, dissociation plus profonde, puis désamidation et libération du déchet non azoté » ? Pour la portion de l'albumine qui doit servir à l'assimilation cellulaire proprement dite, on conçoit mieux la raison d'être d'un passage par le stade de sérumalbumine : ce passage peut avoir la valeur d'une étape vers la forme définitive, car une dislocation nouvelle et profonde ne semble pas nécessaire pour amener la sérumalbumine spécifique à la forme des diverses albumines des tissus.

Outre les deux types d'hypothèses que nous venons de dire, et qui semblent aujourd'hui les plus probables, on en imaginerait aisément d'autres, qui tiendraient compte des mêmes données expérimentales, mais y joindraient une conception plus compréhensive du rôle physiologique du sérum. En effet, sans attendre les progrès éventuels de la physiochimie, on pourrait trouver déjà que les diverses réactions colloïdales du sérum, telles les réactions d'immunité, méritent peut-

être ici une plus sérieuse considération. La sérumalbumine, comme toute albumine organique, peut sans doute assumer secondairement ou occasionnellement un rôle nutritif : mais serait ce là sa fonction principale ? Sa spécificité et sa teneur approximativement constante n'auraient-elles pas surtout pour but de permettre certaines réactions défensives et de garantir certaines corrélations chimiques ? Il n'est point interdit de se poser la question, bien que, dans l'état de nos connaissances, il soit certes prématuré d'y tenter une réponse.

Ce qui semble bien établi, en tous cas, c'est qu'une synthèse spécifique d'acides aminés en albumines organiques s'effectue quelque part, soit dans la paroi même du tube digestif, soit dans d'autres tissus, soit peut-être, pour une part, dans tous les tissus absolument, selon leurs besoins. Mais cette construction d'albumines ne peut-elle se faire au moyen de moellons plus simples encore ? On n'est point porté aujourd'hui à doter l'organisme animal d'un pouvoir de synthèse aussi radical. Il faut dire pourtant que l'impossibilité n'en est nullement démontrée. Au contraire, il résulterait des recherches de Knoop et d'autres (1910) que l'organisme animal peut édifier, par synthèse, certains dérivés amidés : de là à la synthèse des aminoacides, qui entrent dans la composition des albumines, il n'y a qu'un pas. Et une fois obtenus les acides aminés, nous pénétrons de plain pied dans une série de synthèses, dont la réalité est maintenant démontrée, et qui conduisent jusqu'aux albumines organiques. Knoop fait observer que, si ses vues sont exactes, on conçoit la possibilité de récupérer, pour la resynthèse d'aminoacides, une partie de l'azote désassimilé, avant qu'il aille grossir l'excrétion uréique.

Faut-il répéter que toutes ces considérations, sous leur forme généralisée, sont aussi hypothétiques que

possible ? Elles ne laissent pas toutefois d'être intéressantes, comme premier indice de ce que pourraient être les théories de demain. D'ailleurs, il est d'ores et déjà manifeste que l'on a fort exagéré la différence entre animaux et végétaux au point de vue de leur pouvoir respectif d'effectuer les synthèses azotées ; certes la divergence est poussée très loin entre ces deux branches du règne organique, mais il reste peut-être plus que l'on ne croit du vieux fonds de propriétés communes.

b) *Inventaire de quelques fragments azotés qui se rencontrent au cours du métabolisme intermédiaire.*

1. Les données que nous avons recueillies jusqu'ici permettraient, à elles seules, de pressentir jusqu'à un certain point les principaux postes de cet inventaire.

Tout d'abord, il se rencontrera, dans le milieu intérieur et dans les cellules du corps, des produits appartenant à l'anabolisme aussi bien qu'au catabolisme. Quelque théorie que l'on adopte sur le lieu de resynthèse des albumines organiques, on peut tenir pour peu probable que des fragments azotés, échappés à cette resynthèse, soient totalement absents du milieu intérieur. Ils y voisinent sans doute avec d'autres fragments, déchets du catabolisme. Nous connaissons la nature des premiers : ce sont des acides aminés, totalement isolés les uns des autres ou encore partiellement groupés en polypeptides. Quant aux seconds, les débris du catabolisme, nous pouvons en déduire à priori au moins les grands traits.

En effet, les étapes nécessaires de la désassimilation azotée sont, par ailleurs, évidentes. Elle débute, soit par une hydrolyse des albumines organiques, soit, dans certains cas, par une oxydation directe de ces albumines. Pour passer de là aux produits terminaux que nous savons, deux étapes principales restent à parcourir : une désamidation, ou, plus généralement, une

dénitrification des fragments azotés, puis une oxydation des noyaux désamidés. Cette triple opération s'interpose de toute nécessité entre l'origine et le terme ultime du catabolisme.

On pourrait donc, en s'appuyant sur des expériences de laboratoire, déterminer à priori un certain nombre de produits azotés ou dénitrifiés, qui doivent nécessairement accompagner les trois opérations chimiques dont il vient d'être question. La chimie des matières protéiques, si peu avancée qu'elle soit, l'est assez pour nous renseigner sur les plans de clivage de la molécule albumineuse ; la structure des principaux déchets de l'hydrolyse, les acides aminés, n'a rien de mystérieux : et l'on peut lire d'avance, dans cette structure, le résultat de la désamidation. Cependant, nous ne répéterons ni ne développerons ici ce que nous avons déjà indiqué sommairement à ce sujet dans notre première partie. Passons tout de suite aux constatations directes et indirectes que l'on put faire sur le chimisme des tissus eux-mêmes.

2. Dans les cellules et dans le milieu intérieur se rencontrent d'abord des *acides amidés*, soit monoaminés soit diaminés. Comment le constatons-nous ?

a) Indirectement, par l'analyse des produits successifs d'autolyse des tissus, ou bien aussi, en observant les réactions enzymateuses provoquées par le suc d'expression de divers tissus. L'un et l'autre groupe d'observations nous révèlent la nature et le mode d'action d'un certain nombre d'endoenzymes, normalement présentes dans les diverses cellules du corps. Si nous supposons, ce qui est une hypothèse plausible, sinon probable, que ces enzymes intracellulaires sont actives dans l'organisme vivant, nous connaissons donc déjà une partie des réactions qui doivent s'y passer. Or les endoenzymes protéolytiques fragmentent les albumines en acides aminés.

b) Nous avons mieux, en un sens : la constatation directe d'aminoacides dans les tissus et dans les liquides organiques. On a trouvé de l'arginine dans la rate et dans le foie : de la taurine, dérivée elle-même de la cystine, dans la bile : du glycocolle dans l'urine et dans la bile, etc. Les phénylsulfates de l'urine révèlent des phénols, dérivés en partie de la tyrosine. L'urine contient de l'acide hippurique, qui ne peut naître que de la rencontre de l'acide benzoïque et du glycocolle : or, on sait que le glycocolle est un produit amidé, relativement simple, de la dissociation des albumines.

c) Dans des cas pathologiques, comme la cystinurie, il se produit une élimination de divers acides aminés. Les cystinuriques, par exemple, éliminent, d'après Abderhalden et Schittenhelm (1905), non seulement de la cystine, mais de la leucine, de la tyrosine et d'autres acides aminés : autant de témoins d'un métabolisme incomplet de l'azote.

d) La présence d'acides aminés dans le milieu intérieur peut encore se déduire du processus même de la cystinurie, de l'alcaptonurie et de l'acétonurie, abstraction faite des produits secondaires qui accompagnent le produit pathologique principal. La chose est évidente pour la cystinurie, puisque la cystine est un produit sulfuré d'hydrolyse des albumines et donne elle-même de la taurine. Dans l'alcaptonurie, le composé anormalement excrété par les urines est une forme dérivée d'acides aminés des groupes tyrosine et phénylalanine : l'acide dioxyphénylacétique. Chez les acétonuriques, les corps acétoniques (voir notre première partie, p. 470), s'ils peuvent provenir en partie des graisses, reconnaissent aussi comme origine, parfois presque exclusive, les acides aminés, surtout la leucine, la tyrosine et la phénylalanine (voir Krehl, Pathologische Physiologie, 6e Aufl. 1910, pp. 450 et suiv.).

Il n'y a donc aucun doute que les aminoacides, pro-

duits d'hydrolyse des albumines soit organiques, soit alimentaires, ne se rencontrent dans les tissus et dans les liquides internes.

3. S'y rencontrent aussi les *produits de la désamidation des aminoacides*. Les corps acétoniques, par exemple, dans l'acétonurie, sont en partie des restes de désamidation. D'ailleurs, il n'est pas besoin de chercher si loin notre démonstration : d'où viendrait la majeure partie de l'urée urinaire, si ce n'est d'une désamidation d'acides aminés ? de même, pour l'ammoniaque urinaire, on n'entrevoit pas d'autre origine possible, d'autant moins qu'il y a corrélation entre les accroissements de l'alimentation azotée et l'excrétion d'ammoniaque et d'urée : entre les termes de cette corrélation, le lien nécessaire est une désamidation. On connaît du reste le lieu privilégié de cette réaction, comme nous le rappellerons en parlant de l'activité du foie.

Que les noyaux d'acides gras, libérés par la désamidation des acides aminés, soient oxydés dans l'organisme en y livrant des *produits intermédiaires* (encore mal connus d'ailleurs), cela ressortirait du seul fait que l'accroissement de l'alimentation en albumines fait augmenter l'excrétion pulmonaire de CO^2. Cette augmentation en effet, comme chacun sait, suppose une combustion accrue de composés ternaires.

4. Les différents composés chimiques dont nous venons de parler témoignent, par leur présence dans les cellules et le milieu intérieur, de l'importance prépondérante des processus hydrolytiques dans le catabolisme de l'azote. Mais à côté d'eux d'autres produits, en moindre quantité, ne sont pas réductibles à ces processus et semblent résulter plutôt d'une oxydation qui aurait atteint la molécule d'albumine avant toute désamidation de ses éléments. Le plus important de ces *produits d'oxydation* est un énorme fragment de la molécule albumineuse : l'acide oxyprotéique, de poids

moléculaire fort élevé. On peut en trouver jusqu'à 3-4 gr. dans l'urine normale d'une journée chez l'homme et le chien. On y trouve pareillement de l'acide alloxyprotéique, de l'acide uroferrique, et quelques bases de constitution peu connue, tous produits qui révèlent un type secondaire de catabolisme différent de l'hydrolyse.

5. Nous n'insisterons pas sur d'autres composés azotés, appartenant au métabolisme intermédiaire des matières protéiques, car ils ne nous font connaître aucun processus chimique essentiellement nouveau. Rappelons seulement la présence dans l'urine d'un peu plus de deux grammes par jour de *créatinine*, qui est un anhydride de la créatine musculaire et un des produits caractéristiques du métabolisme endogène de l'azote (voir notre 1re partie, pp. 473-475 ; et 2me partie, pp. 484-487). Cette transformation ne rentre pas non plus dans le type des hydrolyses simples. A côté de la créatinine, les *bases xanthiques* et l'*acide urique* reflètent eux aussi un métabolisme spécial, celui des nucléines. Nous avons indiqué déjà comment les nucléines sont d'abord clivées par hydrolyse : leur radical albumineux subit le sort commun des albumines ; quant à l'acide nucléinique, il donne naissance, par clivage multiple, aux bases nucléiniques ou xanthouriques, dont l'acide urique n'est qu'un dérivé d'oxydation (voir notre 1re partie, pp. 449, 478-473).

L'inventaire des radicaux, azotés ou non, qui se rencontrent dans le métabolisme intermédiaire des albumines, nous a donc fait retrouver, par l'examen sommaire de leurs produits, les formes typiques de réaction que nous prévoyions à priori : hydrolyse, suivie de désamidation des aminoacides et de combustion des radicaux d'acides gras restés en déchet ; puis aussi des traces non équivoques d'oxydation plus directe de la molécule albumineuse elle-même ou de ses frag-

ments encore azotés. Quels sont, dans l'organisme, les agents de ces processus du catabolisme ? Probablement sont-ce partout des *ferments :* diastases hydrolysantes et oxydases. Nous n'avons pas l'espace d'en poursuivre l'étude détaillée : bornons-nous à considérer très rapidement leur groupement local. A ce point de vue, l'on pourrait distinguer : 1° Les endoenzymes cellulaires, répandues partout dans les tissus, et qui sont, selon toute probabilité, les agents premiers de l'hydrolyse des albumines organiques. Nous ne reviendrons pas sur ce que nous en avons dit précédemment. 2° Les enzymes analytiques et synthétiques du foie. 3° Les ferments du sang. Ces deux dernières catégories appellent quelques détails complémentaires.

c) *Fonctions du foie dans le métabolisme de l'azote.*

On sait les multiples fonctions assumées par le foie. Son importance dans le métabolisme général s'explique par la situation privilégiée qu'il occupe. Intercalé, dans le grand cycle circulatoire, entre l'intestin et les autres organes, il reçoit le premier, et intégralement, tous les produits absorbés au niveau de la muqueuse entérique, sauf les graisses qui prennent de préférence la voie lymphatique. Il filtre, neutralise, immunise, « anabolise » si l'on peut dire : bref, pour employer une expression de Ch. Richet, c'est « le grand chimiste de l'organisme ».

Rien d'étonnant donc qu'il soit un des principaux agents du métabolisme des albumines. Au cours de la digestion, les polypeptides et les acides aminés lui sont amenés constamment par les ramifications de la veine-porte. Et, ensuite, le cours général de la circulation charrie jusqu'à lui divers fragments du catabolisme. Jetons un coup d'œil rapide sur ce laboratoire actif et encore bien mystérieux.

On serait tenté d'abord de lui attribuer une double action, analytique et synthétique, sur les dérivés azotés

des albumines. En effet, l'autolyse du tissu hépatique y montre en activité toutes les enzymes protéolytiques qui permettraient de descendre ou de remonter la gamme des fragments albumineux. On avait cru d'ailleurs découvrir expérimentalement au foie un rôle dans la synthèse spécifique des albumines, en s'appuyant sur l'absence d'acides aminés dans le sang prélevé en aval de cet organe. Malheureusement la valeur de cette expérience se trouve fort infirmée, non seulement par l'incertitude — que nous avons signalée plus haut — de ces résultats négatifs d'analyses du sang, mais aussi par le fait que des animaux, porteurs de la fistule d'Eck (qui permet au sang venant de l'intestin d'éviter le foie), peuvent être nourris au moyen d'acides aminés (Abderhalden et London, 1907). Le foie n'est donc pas indispensable à la resynthèse de ces acides en albumines, ce qui n'empêche pas d'ailleurs qu'à l'état normal une partie de cette resynthèse ne puisse s'y effectuer, puisqu'aucune des enzymes nécessaires n'y fait défaut (1). Nous serions porté à croire que le foie n'a pas en ceci de rôle prépondérant et que les autres tissus vivants peuvent réaliser, pour leur compte, la synthèse des albumines à partir des sous-produits abiurétiques.

Par contre, il est certain que le foie participe à la désagrégation ultérieure, soit des déchets de la digestion des albumines, soit des fragments amidés du catabolisme endogène. Ici de nouveau l'autolyse du foie, ou les réactions diastasiques des extraits de cet organe, y dénoncent la présence de tous les agents souhaitables de la protéolyse et de la désamidation. Dans des cas pathologiques observés sur le vivant, mais dont les conditions internes rappellent celles de la destruction

(1) Peut-être y a-t-il un exemple de cette resynthèse spécifique dans la formation de fibrinogène mise au compte de l'activité hépatique par Doyon (1905) et par Nolf (1905).

autolytique, par exemple, dans l'empoisonnement par le phosphore et dans la cirrhose hépatique, le sang et l'urine charrient des acides monoaminés et diaminés : cette constatation est susceptible de plusieurs interprétations théoriques, qui reviennent toutefois à l'une ou à l'autre de ces deux propositions, également favorables à notre thèse : le tissu hépatique contient des endodiastases protéolytiques ; ou bien : le foie est l'agent de la désamidation des aminoacides du catabolisme. Du reste, on possède, grâce aux expériences de circulation artificielle et d'injections intraveineuses, la preuve plus directe d'un pouvoir désamidant du foie. Un exemple bien connu : l'injection d'alanine détermine dans le foie la production d'acide lactique ($CH^3 . CH . NH^2 . COOH + H^2O = CH^3 . CHOH . COOH + NH^3$.), ce qui est un cas absolument typique de désamidation.

A vrai dire, il suffirait, pour se convaincre de la réalité de la désamidation des acides aminés dans le foie, de considérer les conditions d'exercice d'une des fonctions hépatiques les plus importantes : la fonction uropoïétique.

Il résulte d'expériences déjà nombreuses (que nous ne rappellerons pas ici, car elles ne sont plus absolument récentes et ont pris place déjà dans les Traités de Physiologie) :

1° Qu'une notable quantité d'urée se forme dans le foie.

2° Que les maladies dégénératives du foie réduisent la quantité d'urée excrétée.

3° Que l'introduction d'acides aminés dans la circulation hépatique augmente l'élimination d'urée.

4° Que l'introduction d'ammoniaque, dans les mêmes conditions, augmente pareillement l'excrétion d'urée.

Les constatations 1°, 2°, 3°, nous montrent un rapport entre la présence d'acides aminés dans le foie et

la production d'urée. Quelle dérivation serait ici possible ? Elle pourrait affecter les trois formes suivantes :

a) La première forme est un cas particulier, qui ne s'applique qu'à un seul acide diaminé, à l'arginine. Sous l'influence d'un ferment, l'arginase, l'arginine se dédouble, par hydrolyse simple, en ornithine et en urée. Il est évident que ce processus de formation directe d'urée repose tout entier sur une particularité de structure absente de la plupart des acides aminés, c'est-à-dire la réunion de deux groupes amidés sur un seul atome de carbone.

b) La seconde forme, observée in vitro, serait une oxydation directe des acides aminés, avec production de carbamate d'ammoniaque et déshydratation de ce dernier ($NH^2 . CO . ONH^4 — H^2O = NH^2 . CO . NH^2$). Il est possible que tout ce processus se déroule parfois dans le tissu hépatique : si l'on tient compte de ce fait, que l'établissement d'une fistule d'Eck, mettant le foie hors de la circulation générale, amène une accumulation de carbamate d'ammoniaque dans le sang, on serait plutôt incliné à supposer que la première partie du processus, l'oxydation, se passe surtout hors du foie, mais que l'hydratation du carbamate est principalement hépatique. Nous ne rencontrerions donc pas encore ici une désamidation exercée par les diastases du foie. Autrement en va-t-il dans les deux formes de dérivation qui vont être dites.

c) On peut imaginer qu'un groupe carbo-amidé ($C.NH^2$), détaché d'un aminoacide, soit soudé, moyennant oxydation, à un groupe NH^2, de provenance quelconque. Cette réaction n'aurait rien d'invraisemblable, mais il n'y a pas d'indice positif qu'elle se fasse dans le foie.

d) Enfin, et ceci est le procédé classique, il peut y avoir, à partir de l'ammoniaque dégagée des acides aminés, synthèse totale de l'urée. Le foie possède cer-

tainement ce pouvoir de synthèse, comme il ressort de la constatation expérimentale rapportée plus haut sous le numéro 4°. Mais cette synthèse n'est possible qu'en présence d'anhydride carbonique, toujours abondant dans les liquides internes, et d'ammoniaque, dont l'origine ne peut être qu'une désamidation sur place des acides aminés : car les autres sources possibles d'ammoniaque sont ici négligeables.

On voit assez, d'après cette esquisse sommaire, quelle est la base expérimentale où peuvent s'appuyer les hypothèses explicatives de Folin, de Paton ou d'Abderhalden, sur la dénitrification immédiate du surplus d'aliments azotés inutile au métabolisme endogène. Le lieu principal de cette dénitrification, comme aussi de celle des résidus azotés de la désassimilation cellulaire, semble bien être la masse du foie.

Nous laissons dans l'ombre d'autres aspects, plus spéciaux, de la participation du foie au métabolisme de l'azote. Le pouvoir uricolytique, que le foie partage avec d'autres organes, a été signalé plus haut (1re partie, p. 472). Ce pouvoir ne s'exerce pas seulement sur l'acide urique (trioxypurine) déjà formé, mais même, préalablement à cette formation, sur les bases puriques et sur les bases pyrimidiques : la réaction est une hydrolyse fermentaire analogue à celle qui dégage directement l'urée de l'arginine (voir ci-dessus, p. 213). Nous ne nous attarderons pas non plus à une combinaison antitoxique, fort importante, dont Embden et Glässner (1901) mirent hors de doute la réalisation dans le foie : la formation de phényls-sulfates. Ces derniers sont des composés inoffensifs, présents dans les urines, et qui résultent de la réaction de l'acide sulfurique, provenant de l'oxydation d'une partie du soufre albumineux, sur des phénols ou des indols, produits très toxiques de la fermentation microbienne des matières protéiques dans l'intestin — et sans doute

aussi, ajouterions-nous pour une partie des corps phénylés, produits du catabolisme endogène des albumines.

d) *Les ferments du sang et le métabolisme de l'azote* (1).

On a découvert dans le sang un assez grand nombre de ferments, qui sans doute n'y sont pas totalement inactifs. Laissons de côté ceux qui interviennent plus spécialement dans la coagulation du sang, telle la prothrombase que renferme le plasma, pour reporter notre attention sur les seuls ferments dont l'action intéresse le métabolisme. Ceux-ci sont surtout des estérases, des diastases (les « carbohydrases » des Allemands) et des protéases. On ne rencontre ni invertases ni lipases. D'où viennent ces différentes enzymes ? Ce ne sont pas des hôtes stables du sang, bien que leur renouvellement continuel, si capricieux qu'il soit, les investisse presque d'une fonction physiologique. Ces enzymes proviennent en partie des sécrétions digestives résorbées, qui traversent le milieu intérieur avant d'être reprises par les glandes ou éliminées avec les urines ; ou bien ce sont des endoenzymes échappées aux cellules qui les emprisonnaient ; ou bien, et c'est sans doute leur origine principale, ce sont des ferments excrétés par les leucocytes.

Or ces ferments protéolytiques, répandus dans le sang, y rencontrent des fragments azotés sur lesquels il semble bien que puisse s'exercer leur action. Qu'on songe, en effet, qu'il peut arriver facilement que des parcelles d'albumine à peine hydrolysées franchissent la double barrière de la muqueuse digestive et du foie : dans le cas, pas tellement rare, d'une alimentation azotée excessive, les ferments protéolytiques de ces

(1) Nous empruntons presque intégralement les éléments de ce paragraphe à Abderhalden, *Die Fermente und ihre Wirkungen*, 3e édit., Leipzig, 1909-1910.

organes ne suffiront pas toujours à la tâche pendant le temps relativement court de la digestion intestinale et de l'absorption. De même, au cours du catabolisme, on imagine que la désassimilation cellulaire laisse échapper parfois sans les avoir assez dissociés, de gros fragments de la molécule albuminoïde. Or les albumines étrangères, aussi bien que les produits directs du catabolisme des albumines somatiques, se comportent dans le milieu intérieur comme un poison, dont l'organisme a hâte de se débarrasser. On peut donc supposer sans invraisemblance que les protéases du sang, rencontrant des « substrats » convenables, ne laissent pas que de mordre sur eux. C'est ce qu'Oppenheimer (1910) appelle la « digestion parentérale » ou la « digestion dans le sang ».

Et ceci n'est pas une simple vue de l'esprit, car il ressort de nombreuses observations, par exemple de celles de Oppenheimer lui-même (1902-1903), de Oppenheimer et Michaelis (1902), de Heilner (1908), et d'autres, que les albumines ou leurs dérivés, injectés dans le torrent circulatoire, ne reparaissent pas intégralement dans les urines, et subissent donc, au sein du plasma sanguin, une véritable digestion. A vrai dire, la signification de ces expériences n'est que très approximative, car d'autres causes encore que l'action des ferments du sang, peuvent être intervenues : nous admettrons toutefois, avec Oppenheimer, que la réalité du processus, sinon sa mesure exacte, est suffisamment démontrée.

D'ailleurs d'autres recherches sur les enzymes protéolytiques du sang nous les montrent augmentant d'activité et de masse, à mesure qu'on injecte des albumines étrangères. Abderhalden et deux de ses élèves (1909) font les observations suivantes : l'injection parentérale de protéines étrangères détermine l'apparition, ou simplement l'activité, de nouvelles peptases, et sen-

sibilise le plasma sanguin vis-à-vis de polypeptides auparavant inattaqués. Ainsi, le plasma de chiens et de cobayes, traité par de l'ovalbumine et par du sérum de cheval, clive le glycyl-l-tyrosine et le d-l-leucyl-glycine.

Très probablement l'accroissement d'intensité de l'action protéolytique tient-il, dans ces cas, à une stimulation de la sécrétion fermentaire des leucocytes. Mais quelle que soit l'origine des ferments du sang, leur action, comme on le voit, constitue un complément, parfois précieux, des processus métaboliques généraux. Peut-être même trouvera-t-on que c'est trop peu dire ; car il est impossible que l'allusion que nous venons de faire aux réactions protéolytiques du sang n'ait point suggéré à l'esprit du lecteur une comparaison avec les réactions d'immunisation. Nous avons analysé ailleurs ces dernières réactions (voir notre article : *Pour faciliter la lecture des travaux récents de physiologie générale. III. Antigènes et anticorps*, surtout le tableau de la page 73, groupe B) ; et nous étions amené à considérer que, dans l'immunisation antibactérienne ou protéolytique, le premier temps de la réaction devait être une adsorption de colloïdes, et le second temps une véritable digestion chimique opérée par l'alexine (ou le complément) sur les substrats sensibilisés. Nous ajoutions que l'alexine n'était vraisemblablement qu'un ensemble de zymogènes protéolytiques. Ces zymogènes, ou éventuellement ces zymases, ne sont-ils pas identiques aux ferments du sang dont il vient d'être question, ferments d'origine diverse mais principalement leucocytaire ? Un pont serait ainsi jeté entre les phénomènes d'immunisation et les réactions du métabolisme général. Mais il serait téméraire de trop insister ici ; car, s'il est vrai, comme nous le faisions remarquer à la fin de l'article cité ci-dessus, que l'on peut pressentir, sous les aspects divers de la biochimie animale, l'unité très étroite de quelques processus fondamentaux, il faut

également reconnaître qu'une théorie largement synthétique serait aujourd'hui prématurée.

CONCLUSIONS THÉORIQUES

1. La digestion gastro-intestinale n'est pas un simple préambule, purement extérieur, du métabolisme interne. Elle en est, en réalité, la première étape, étape marquée, dès le début, par l'orientation même qui se traduit dans les étapes ultérieures. La différence entre les réactions digestives et celles de l'anabolisme interne peut paraître accidentelle : c'est une différence de lieu et une différence partielle de matériaux immédiats ; mais les types de réactions sont essentiellement les mêmes et acheminent tous également, avec à peine un échelonnement créé par les circonstances locales, vers les mêmes formes d'utilisation de ces matériaux. De plus, les agents fermentaires de la digestion gastro-intestinale trouvent leurs analogues tout au cours du métabolisme interne. Bref, la digestion n'est pas une simple préparation des aliments à l'absorption, mais réellement une première phase, une phase externe, du métabolisme spécifique.

2. Si l'on veut suivre attentivement le sort des aliments eux-mêmes dans leur cycle métabolique interne, on constatera que les hydrates de carbone, les graisses, et même une bonne part des albumines, traversent l'organisme à la façon d'un combustible inerte, qui abandonne en cours de route, au gré des actions subies, l'énergie potentielle qu'il renferme. Ces aliments n'entrent pas dans l'organisation même de l'être vivant.

3. Hors le cas de croissance, la portion de l'albumine alimentaire qui entre dans l'organisation des tissus vivants est excessivement faible. Car, ainsi qu'en témoignent toutes les recherches sur le minimum azoté,

la désassimilation des albumines vivantes, lorsque l'alimentation énergétique est suffisante, tombe à un taux véritablement insignifiant. Encore apprécie-t-on cette faible quantité d'azote désassimilé, par la valeur d'un minimum d'azote excrété, lequel pourrait fort bien, nous l'avons vu, ne représenter autre chose, à peu près, que le déchet azoté accompagnant l'activité sécrétoire ou morphogénétique de certains tissus. Mais qu'en est-il alors d'autres tissus, comme le tissu musculaire et le tissu nerveux, qui sont, eux aussi, bien vivants et point négligeables ? Ils semblent rester en équilibre, dans un équilibre très stable, sans métabolisme appréciable de leurs parties azotées. On dirait presque que la vie ne les « use » pas, ou à peine...

4. Ne pourrait-on pas admettre, avec Pflüger et Kassowitz, que les tissus vivants, tout en demeurant eux-mêmes, dans leurs parties essentielles, en équilibre très stable, s'adjoignent constamment, par manière de « chaînes latérales », les aliments énergétiques que nous avons considérés comme du combustible mort ? Ceux-ci, pour être comburés dans l'organisme, auraient dû subir préalablement une sorte d'intégration, indirecte du reste, aux molécules vivantes. On conserverait alors un sens mieux définissable au « tourbillon vital » de Cuvier et à l'instabilité, perpétuellement restaurée, dont on s'est plu traditionnellement à doter les équilibres vitaux. Certes, rien n'empêche absolument de conserver, si l'on y tient, cette imagerie consacrée par l'habitude. Il importe seulement de la vider de toute signification illégitime, et de se rappeler que des conceptions dans le genre de celles de Pflüger et de Kassowitz, si elles répondent à des préoccupations théoriques respectables, n'en sont pas moins totalement superflues au point de vue de l'explication empirique.

5. Ceci nous amène à dire un mot des conséquences

que pourraient avoir, pour l'édification d'une théorie de la vie, les constatations faites dans les pages qui précèdent.

D'abord, il est évident que l'on ne peut plus considérer comme caractéristique de l'être vivant le perpétuel maintien d'un équilibre spécifique perpétuellement dérangé, ou la permanence de la forme au milieu du flux incessant de la matière. Le flux ou la mutabilité n'intéressent, à vrai dire, que des matériaux inertes (ou tout au plus, si l'on adopte les idées de Pflüger, que des matériaux très lâchement et très extérieurement rattachés à la trame vivante et spécifique). La matière même de l'être vivant est, dans les parties les plus essentielles de celui-ci, remarquablement stable. Mais allons plus loin.

Une théorie de la vie peut se constituer, soit au point de vue mécaniste, soit au point de vue vitaliste.

Le point de vue mécaniste, rappelons-le, n'est que la transposition à l'ordre ontologique des liaisons de phénomènes, dégagées au moyen des procédés d'abstraction et d'isolement méthodologique propres à la science empirique. C'est l'application au domaine de l' « être » d'une méthode créée pour la description et le groupement des phénomènes. Nous ne prétendons pas faire ici la critique de ce point de vue (1), mais seulement remarquer, qu'au regard du mécanisme biologique, l'être vivant sera essentiellement une superposition d'équilibres chimiques de plus en plus stables, se conditionnant mutuellement, avec prédominance du « conditionnement » qui s'exerce de haut en bas. Aucune théorie ne peut esquiver, du point de vue mécaniste, l'explication empirique de ce fait général.

(1) Nous avons fait assez longuement cette critique, à propos d'un tout autre ordre de recherches, dans notre article : *Science empirique et psychologie religieuse*, RECHERCHES DE SCIENCE RELIGIEUSE, Paris, 1912, fasc. 1.

Au point de vue vitaliste, bornons-nous à considérer le vitalisme aristotélicien, sous la forme plus précise qu'il a reçue dans le thomisme. C'est d'ailleurs, croyons-nous, la seule métaphysique vitaliste qui résiste victorieusement à la critique spéculative. Elle caractérise l'être vivant par la stricte unité substantielle et dynamique, c'est-à-dire par l'unification immédiate de la matière conformément à un type métempirique d'organisation structurale (μορφή), qui serait en même temps un principe interne de finalité active (ἐντελεχεία).

Lorqu'on prétend établir un rapport précis entre cette conception métaphysique et le détail de l'expérience, on ne laisse pas que d'éprouver quelque embarras. Au fond, on cherche alors les équivalents empiriques, quantifiés, de principes ontologiques et idéaux, ce qui est toujours une entreprise très hasardée et, par plus d'un côté, fallacieuse. Mais enfin, malgré tout, il peut y avoir ici un problème légitime : nous en accepterons les données communes, sans les critiquer davantage pour le moment.

Supposons donc que l'on se demande, devant un des organismes animaux dont nous venons d'étudier le métabolisme, auxquelles de ses parties s'étend son unité substantielle, et lesquelles de ses opérations sont investies par son dynamisme immanent.

La réponse à cette question, pour autant qu'elle comporte une réponse, pourra s'inspirer de deux conceptions assez différentes.

D'abord, on pourrait considérer l'être vivant comme un composé matériel qui restreindrait de plus en plus le domaine d'influence directe de sa finalité interne, en substituant progressivement à celle-ci des mécanismes appropriés, dont le jeu combiné la suppléerait. Toute la croissance du corps, depuis la cellule-œuf, consisterait dans l'édification et la coordination — strictement

finalistes — de ces mécanismes : mais ceux-ci, une fois constitués, joueraient *automatiquement*, comme ils pourraient le faire en dehors même de l'organisme vivant. Seules un très petit nombre d'activités organiques échapperaient à cette mécanisation, telles, en principe, certaines activités régulatrices générales, nerveuses ou chimiques, ou bien les activités morphogénétiques, soit générales, comme celles des cellules reproductrices, soit locales, comme le renouvellement cellulaire de certains tissus.

Aux termes de cette hypothèse, la vie se retirerait, se concentrerait, pour ainsi dire, dans certains éléments privilégiés de cette masse complexe que nous appelons le corps. La vie aurait édifié et, jusqu'à un certain point, maintiendrait debout les parois du laboratoire qu'est l'organisme : elle serait liée, en somme, aux équilibres biochimiques les plus stables et les plus indépendants des vicissitudes du dehors. Mais à l'empire direct de la vie il faudrait soustraire les équilibres muables et subordonnés : ceux-ci, rencontrant les conditions empiriques créées par les équilibres supérieurs, se comporteraient absolument comme ils pourraient le faire dans un laboratoire quelconque, sans plus rien manifester de spécifiquement vital dans leur action. C'est ainsi qu'on devrait, à coup sûr, écarter de la participation « vitale » proprement dite le cycle entier des aliments énergétiques, y compris les albumines : le point culminant de leur métabolisme ne serait, en aucun sens, une assimilation vitale. A éliminer aussi tout le mécanisme des enzymes et des régulations humorales. A éliminer tous les tactismes et tropismes, toutes les réactions motrices élémentaires et probablement tous les actes réflexes. Et ainsi de suite. C'est en vertu d'une idée théorique semblable, poussée un peu à l'excès, que l'on entend quelquefois se demander si le

siège de la vie, chez les animaux supérieurs, ne serait pas uniquement le tissu nerveux, et tel ou tel élément histologique par dessus le compte : ceci, avouons-le, frise la charge, et nous nous garderons d'y insister ; mais ce n'est, en somme, que l'application imprudente d'un principe méthodologique qui n'a rien en soi de ridicule.

On pourrait résumer cette première conception en disant que, dans les organismes vivants, la finalité interne, propre à la vie, se double d'un ensemble de mécanismes à finalité purement externe.

Mais une conception tout autre est également possible, et même, en un sens, elle s'harmonise mieux que la précédente avec la critique principielle de la connaissance empirique. C'est que l'unité substantielle de l'être vivant s'étende, en lui, à toutes les opérations qui portent la marque de sa finalité propre, que celles-ci, vues du dehors, paraissent ou non réductibles à des combinaisons purement mécaniques, physiques ou chimiques. Ceci n'implique pas la suppression totale du mécanisme dans le vivant, mais bien l'assomption du mécanisme par un principe supérieur qui l'inclut à la fois et le déborde. En termes de philosophie thomiste, on dirait que le principe morphologique et dynamique de l'être vivant, sa forme substantielle, couvre, parmi les éléments de celui-ci, tous ceux dont la finalité partielle et locale s'efface devant la finalité du tout organique auquel ils appartiennent. Il n'y a donc plus lieu, à ce point de vue, d'opérer toutes les éliminations que nous indiquions tout à l'heure. Mais hâtons-nous de formuler à ce propos deux réserves : d'abord que la théorie métempirique qui vient d'être exposée, s'appuie exclusivement sur des considérations de méthodologie critique et ne peut donc prétendre à aucune confirmation non plus qu'à aucune application proprement

scientifique ; et secondement, que la tentative même d'un ajustage aussi détaillé des positions métaphysiques aux données empiriques nous paraît impossible à pousser jusqu'au bout, pour toutes sortes de bonnes raisons, dont les plus décisives ne sont pas d'ordre expérimental.

J. Maréchal.

COMMENT ON DÉCOUVRE UN BASSIN HOUILLER (1)

La fin du dix-neuvième siècle et le début du siècle actuel virent naître et grandir en Belgique de sérieuses inquiétudes, causées par l'existence d'une disproportion de plus en plus apparente entre l'accroissement incessant de la quantité de charbon nécessaire à l'entretien de notre activité industrielle, et l'augmentation de la production totale de nos charbonnages. Jusqu'à ce moment, la quantité extraite avait nettement surpassé la quantité consommée ; mais celle-ci progressant avec une rapidité beaucoup plus grande, il devenait aisé de déterminer le moment prochain où nos besoins toujours augmentants nous rendraient tributaires de l'étranger (2).

La découverte, à l'aurore du XXe siècle, d'un important bassin houiller, enfoui sous les terrains tertiaires et secondaires de la Campine, dissipa dans une large mesure les appréhensions les plus graves, sans toutefois supprimer toute incertitude. On pouvait se demander si les centres principaux de notre industrie n'allaient pas devoir se déplacer progressivement et fatalement vers le Nord, en s'éloignant des bassins anciennement exploités, déjà dépouillés des variétés de charbon les

(1) Conférence faite à l'assemblée générale de la Société scientifique de Bruxelles, le 3 avril 1913.

(2) Cfr. Armand Renier, *Les Industries extractives*. Extrait des *Études sur la Belgique*. Conférences faites au VIe Cours international d'expansion commerciale, Anvers, 1912.

plus recherchées, et voués à s'appauvrir de plus en plus rapidement jusqu'à l'épuisement définitif.

Une nouvelle découverte vint à son tour atténuer le poids de cette inquiétude. Des recherches toutes récentes ont fait voir qu'au Midi des exploitations actuelles dans le Hainaut, un massif relativement peu épais de terrains plus anciens recouvre un gisement encore intact, dessinant un nouveau bassin dans lequel on peut espérer rencontrer les qualités de charbon les plus estimées, celles-là même dont la pénurie commençait à se faire sentir impérieusement dans les anciens bassins.

La découverte du terrain houiller en Campine, et la reconnaissance de l'extension méridionale des bassins du Hainaut sont des événements qu'il faut à coup sûr considérer comme marquant dans le développement économique de notre pays, le début d'étapes de toute première importance. Un puissant intérêt s'attache donc à la recherche de l'origine première de ces découvertes, ainsi qu'à la reconstitution des diverses phases de leur préparation et de leur réalisation. Nous ferons de cette recherche la partie essentielle de notre étude. Ces mémorables découvertes réalisent précisément deux des exemples les plus instructifs que l'on puisse choisir : c'est en les examinant en détail que nous pourrons le plus aisément apprendre « comment on découvre un bassin houiller ».

On sait que les formations géologiques qui contiennent nos gisements houillers appartiennent à la partie supérieure du système carboniférien, qui couronne en Belgique l'importante série des terrains primaires. Disposés originairement en couches sensiblement horizontales et à peu près parallèles les unes aux autres, ceux-ci ont actuellement une structure beaucoup plus compliquée qu'ils doivent à des actions

mécaniques intenses, exercées sur eux dans la suite par les forces orogéniques ; on peut considérer celles-ci comme ayant engendré des poussées tangentielles, qui ont eu pour effet de faire naître dans l'écorce terrestre une série de plis allongés, grossièrement parallèles entre eux à la manière des vagues déferlant l'une après l'autre sur une plage. Les plis concaves portent le nom de bassins ou *plis synclinaux*, tandis qu'on désigne les plis convexes sous le nom de *plis anticlinaux*, plis en selle ou plis en dos d'âne. Les uns et les autres sont fréquemment recoupés par des cassures, le long desquelles les deux massifs séparés peuvent avoir subi un déplacement relatif d'importance variable, appelé rejet. Celui-ci peut se borner à quelques centimètres, mais il peut aussi atteindre des dizaines de kilomètres. Une cassure accompagnée de rejet prend le nom de faille. L'étude des plis et des failles de l'écorce terrestre constitue un important chapitre de la géologie, auquel on a donné le nom de tectonique.

Les régions dont la surface est occupée par des terrains plissés ont en général un modelé superficiel sous lequel disparaît presqu'entièrement la structure initiale. La destinée inéluctable de toutes les parties surélevées de la croûte terrestre est l'aplanissement à peu près complet, auquel travaillent lentement, mais à coup sûr, les divers agents d'érosion. Lorsque ceux-ci ont à leur disposition un temps suffisant, ils transforment en régions faiblement ondulées, en *pénéplaines*, les plus hauts massifs montagneux.

A la surface d'un massif plissé, réduit à l'état de pénéplaine, les plis, réduits à leurs racines, apparaissent sous la forme de bandes à peu près parallèles dont le relief peut n'indiquer en aucune manière la structure, un anticlinal pouvant former un creux topographique, tandis qu'une bande synclinale peut apparaître en relief. En règle générale, c'est dans les plis synclinaux

qu'on peut espérer rencontrer les séries les plus complètes, l'érosion les ayant moins profondément ravagés.

Les gisements houillers anciennement exploités en Belgique forment la partie conservée d'une nappe incomparablement plus étendue à l'origine. Ils sont localisés dans une grande bande synclinale, le long de laquelle s'alignent les districts connus dans l'industrie sous le nom de Bassins du couchant de Mons, du Borinage, du Centre, de Charleroi, de la Basse Sambre, d'Andenne, de Liége, de Seraing et du Pays de Herve.

Cette bande se prolonge à l'Est par les bassins allemands d'Aix-la-Chapelle et du Midi de la Westphalie, et à l'Ouest par ceux du Nord de la France, du Pas-de-Calais et du Sud de l'Angleterre.

Il n'y a pas que la disposition en synclinal profond qui soit de nature à préserver un massif sédimentaire d'une destruction complète par l'érosion. Un effondrement le long de cassures abruptes peut produire le même résultat. Des phénomènes de ce genre paraissent bien avoir joué un rôle important en Campine et dans le Limbourg hollandais.

La détermination des endroits où l'on a le plus de chances de rencontrer un gisement houiller comporte donc en ordre essentiel une étude tectonique. Celle-ci serait chose relativement aisée si la structure des régions plissées était toujours apparente, et pouvait se déchiffrer en quelque sorte à livre ouvert sur le vu de leur surface.

Mais il est loin d'en être ainsi dans la plupart des cas : Il arrive souvent qu'une reprise de la sédimentation soit venue ensevelir sous un manteau plus ou moins épais de formations nouvelles, les plis dont le creux recèle les couches de combustible. Tel est le cas du bassin auquel appartiennent les gisements de la Campine, qui sont dissimulés sous une couverture dont

l'épaisseur atteint ou dépasse, à peu près partout, cinq cents mètres.

Le grand synclinal de Namur est recouvert aussi par endroits de formations plus récentes, crétacées et tertiaires, confondues par les mineurs sous le nom expressif de morts-terrains. Mais à l'encontre des gisements de Campine, le terrain houiller appartenant à la grande bande anglo-franco-belgo-westphalienne est loin d'être masqué partout en Belgique par ce revêtement. Il présente de nombreux affleurements, dans le Borinage, le bassin de Charleroi, la Basse-Sambre, le bassin d'Andenne et le bassin de Liége, où se sont établies les exploitations les plus anciennes.

Les morts-terrains, au sens purement industriel du mot, peuvent être constitués de terrains plus âgés que ceux qu'ils recouvrent. Les massifs soumis à d'intenses poussées orogéniques offrent d'assez nombreux exemples d'accidents tectoniques consistant essentiellement dans la production de grandes cassures, le long desquelles d'importants massifs ont été entraînés à d'assez grandes distances de leur point d'origine, subissant ainsi un véritable traînage ou charriage. Les cassures suivant la surface desquelles se sont produits les charriages sont en général assez faiblement inclinées. Il est probable qu'au moment où elles ont pris naissance elles étaient à peu près planes ; mais il est assez rare que leur production ait marqué la dernière phase des efforts orogéniques qui ont affecté la région qu'elles traversent. Une surface de charriage initiale peut être recoupée par des cassures plus récentes, déterminant la séparation successive de plusieurs massifs charriés, généralement peu épais, auxquels on donne le nom de lames de charriage.

Si le phénomène se réduit à la production d'une seule lame, celle-ci peut se plisser dans la suite à la manière des massifs divisés en couches. La production

de lames de charriage dans un ensemble de plis synclinaux et anticlinaux arrasés peut avoir pour effet de superposer à un synclinal, une série de couches enlevées au noyau d'un anticlinal, et par suite d'âge plus ancien. Il peut se faire aussi qu'une lame superposée par charriage à un massif synclinal que l'on considère comme resté en place, présente les mêmes allures que celui-ci. Cette coïncidence ne peut s'expliquer que si l'on admet qu'à la partie inférieure d'un synclinal demeuré en place, est venue se superposer la partie supérieure d'un pli semblable, dont l'infrastructure doit se retrouver à une certaine distance, à compter dans la direction où s'est fait le charriage, mais évidemment en sens rétrograde. Pour concrétiser, si l'on rencontre des allures synclinales dans une lame de charriage superposée à un bassin resté en place, et si l'on a pu reconnaître que le mouvement s'est effectué du Sud au Nord, on pourra conclure qu'il existe (ou du moins qu'il a existé) un second synclinal au Midi du premier. C'est ce dernier qui, décapité par la naissance d'une surface de charriage, a fourni le massif recouvrant le premier.

L'apparente simplicité de ces considérations élémentaires ne doit pas faire illusion : dans le corps de doctrines géologiques, la tectonique est une des dernières venues, et parmi les notions qui viennent d'être exposées en raccourci, plusieurs n'ont acquis toute leur clarté qu'à la faveur d'études relativement récentes, au nombre desquelles se rangent, en très bonne place, celles-là même qui ont conduit à une solution satisfaisante des problèmes compliqués relatifs à la structure de nos bassins houillers. Or c'est sans contredit la solution de ces problèmes qui a déterminé la découverte de l'extension méridionale des bassins anciennement exploités ; ce n'est donc pas à la lumière des principes très simples énoncés ci-dessus que cette découverte a été faite. Il convient bien plutôt de dire

que c'est l'étude détaillée de la tectonique du bord sud du synclinal de Namur qui a conduit à formuler clairement ces principes.

I. *La découverte du bassin houiller de la Campine*

Lorsqu'on parcourt l'abondante littérature éclose autour de la découverte du bassin houiller de la Campine, on est conduit à se demander si cet événement a jamais été présenté sous son vrai jour. Dix années ayant passé sur les controverses parfois passionnées qui avaient surgi autour de lui, nous sommes, croyons-nous, en possession d'un recul suffisant pour nous faire une opinion définitive.

Le 2 août 1901, un sondage pratiqué à Asch en Campine, par un groupe d'industriels, dirigé par M. André Dumont, professeur d'exploitation des mines à l'Université de Louvain, recoupait à 531 mètres de profondeur une première couche de charbon. Cet heureux succès avait été précédé d'une tentative infructueuse, opérée à Eelen en 1899, par une première société de recherches, dont faisaient partie plusieurs membres de la seconde, groupés déjà autour de M. André Dumont.

Arrêté à neuf cents mètres, après avoir été recommencé par trois fois à la suite d'accidents, ce forage n'avait pas atteint le terrain houiller. Auparavant, en 1898, un essai avait été tenté à Lanaeken, où un forage entrepris par un groupement tout différent (1) avait recoupé, sous le crétacé, quelques mètres de terrain houiller inférieur que l'on considéra généralement comme appartenant au bord nord du Bassin de Liége.

La probabilité de l'existence de gisements houillers en Campine avait été nettement indiquée en 1876, par Guillaume Lambert, alors professeur d'exploitation des

(1) Dont faisaient partie MM. J. Urban et V. Putsage.

Mines à l'Université de Louvain, dans une notice consacrée au bassin qui venait d'être découvert dans le Limbourg hollandais. En 1877, M. André Dumont énonça de façon plus précise la même idée, qu'il développa dans les termes suivants : « ... Nous aurions ainsi plusieurs bandes houillères se dirigeant vers l'ouest, mais dans des directions divergentes. L'une d'elles, la bande méridionale, est connue sur presque tout son parcours. Elle constitue le bassin belge, celui du nord de la France et celui du pays de Galles. Une autre marcherait parallèlement au bassin méridional sur une certaine longueur, puis s'en séparerait dans le Limbourg, passerait sous les formations plus récentes du nord de la Belgique, puis dans le voisinage de Londres pour aller constituer les bassins du Centre de l'Angleterre. Il est évident que ce tracé est tout à fait théorique et qu'il ne comporte nullement l'existence du gisement de houille sur tout son parcours. Il est fort probable, que sur une telle étendue, par suite de soulèvements postérieurs à la formation houillère, il y a des solutions de continuité peut-être même considérables. Mais dans les cas où ces causes de disparition n'existent pas, et où l'allure des terrains est régulière, on doit s'attendre à trouver des dépôts houillers importants » (1).

On voit que plus de vingt ans avant l'heureuse terminaison du sondage d'Asch, un texte bien net avait énoncé les vues théoriques dont les promoteurs de l'entreprise recherchaient la vérification.

D'autres textes appartenant à différents auteurs ont été considérés comme ayant la priorité sur ceux-ci ; c'est principalement sur cette priorité qu'ont porté les controverses.

En réalité, c'est mal poser la question que vouloir

(1) André Dumont, *Notice sur le nouveau bassin du Limbourg hollandais.* Réimpression de la notice publiée en 1877, sous le même titre. Bruxelles, Ramlot, 1902.

attribuer le principal mérite de la découverte des gisements de Campine aux auteurs de considérations théoriques, même reconnues exactes dans la suite. Il ne faut pas perdre de vue que les théories géologiques, même les mieux assises, contiennent toujours une part plus ou moins importante d'hypothèses, qu'il serait imprudent de tenir pour des vérités démontrées. Il est aisé d'établir que les méthodes géologiques, même maniées de façon impeccable, ne pouvaient mener qu'à conclure à la *possibilité* de l'existence en Campine de terrain houiller exploitable. Il serait assurément hasardeux de prétendre qu'affirmer la possibilité d'une découverte de ce genre équivaut à la réaliser.

Examinons donc les arguments scientifiques que l'on pouvait invoquer en faveur de l'existence en Campine de couches de houille exploitables et cherchons à définir exactement leur valeur probante.

La base de l'argumentation est tirée du fait que dans les massifs soumis aux mêmes efforts orogéniques les plis sont souvent allongés suivant des directions à peu près parallèles. Connaissant la direction de l'axe d'un de ces plis, on peut donc, si l'on connaît deux points appartenant à un pli voisin, construire théoriquement le tracé de celui-ci. Il va sans dire que cette construction reste hypothétique dans une large mesure. La loi dite « du parallélisme des plis » est loin de comporter l'exactitude d'un théorème géométrique : c'est à peine une loi approchée. Voyons toutefois dans quelle mesure on pouvait l'appliquer à la Campine.

Le terrain houiller auquel appartiennent les bassins industriels alignés suivant la direction de l'axe du grand synclinal de Namur, ne constitue qu'une partie d'une nappe autrefois incomparablement plus étendue, dans laquelle la poussée hercynienne à la fin de l'ère primaire a fait naître ou s'accentuer fortement un certain nombre de plis importants. L'un de ceux-ci est le

synclinal de Namur dont le tracé, sensiblement parallèle, en Belgique, au cours de la Sambre-Meuse prolongée, vers l'Ouest, par la Haine, se raccorde par delà notre frontière occidentale aux bassins du nord de la France, du Pas-de-Calais, du pays de Galles, du comté de Kent et de l'Irlande, tandis qu'il se relie à l'Est à la partie méridionale des bassins houillers de Westphalie.

Ce synclinal forme un arc gigantesque dont la concavité est dirigée vers le Nord-Nord-Ouest. Or il existe, en Angleterre, en Hollande et en Allemagne, des bassins houillers plus septentrionaux que le nôtre ; les bassins du Limbourg hollandais et le bassin de la Ruhr sont du nombre. Si l'on considère que le terrain houiller qui les constitue est de part et d'autre de même âge, ce qui revient à admettre qu'il a fait autrefois partie de la nappe à laquelle appartiennent les gisements anciennement exploités en Belgique, on doit regarder ces bassins comme représentant la partie connue d'un pli très allongé, qu'on peut supposer comparable en importance au grand arc synclinal de Namur. La loi du parallélisme des plis permet d'esquisser grossièrement son tracé sur une carte, en prenant pour base la direction de l'axe du bassin de Namur, modifiée de manière à permettre le raccordement des bassins hollandais et allemands aux bassins houillers du Centre ou du Nord de l'Angleterre.

Ce tracé, surtout quand on l'exécute aujourd'hui que la vérité nous est connue, est réellement de nature à faire entrevoir la possibilité, et même la vraisemblance de l'existence d'un synclinal important caché sous les terrains non plissés du nord de la Belgique.

Il ne faudrait toutefois pas exagérer la portée de cette vue théorique. Le fait qu'il y ait dans la région indiquée, un synclinal même important, dont le tracé soit grossièrement parallèle à celui du bassin de Namur, est loin en effet d'avoir pour conséquence nécessaire

l'existence d'un gisement exploitable. Un examen attentif de la question montre au contraire que pour arriver à conclure à cette existence, il faudrait que l'on pût éliminer un certain nombre d'autres hypothèses dont les chances de réalisation, avant qu'on eût procédé aux sondages, étaient loin de pouvoir être considérées comme négligeables. Car la loi du parallélisme des plis — il est aisé de le montrer — admettait quatre solutions différentes, dont une seule comportait l'existence d'un bassin exploitable, et entre lesquelles la science géologique, au moment où les sondages furent entrepris, n'était pas en état de faire choix.

Il tombe tout d'abord sous le sens, qu'un synclinal, même très important et contenant la plus belle et la plus riche série de couches doit, pour se prêter à l'exploitation, n'être pas enfoui à une profondeur par trop grande; et il est à remarquer que précisément la partie la plus septentrionale du Limbourg belge se trouve, à ce point de vue, dans un cas très défavorable, puisque la sonde a pu pénétrer à Eelen jusqu'à neuf cents mètres, sans sortir des morts-terrains. L'effondrement qui a porté le terrain houiller de cette région de la Campine à un kilomètre environ sous la surface du sol, eût pu tout aussi bien s'étendre vers le midi à la partie la plus riche du bassin, qui eût ainsi été reléguée en dessous de la limite extrême au delà de laquelle on doit considérer un gisement comme inexploitable par les moyens dont on dispose à l'heure actuelle.

En second lieu, il faut se garder d'oublier que les grands plis de l'écorce terrestre sont loin d'avoir la même profondeur en tous les points de leur extension longitudinale. Leur axe, ou thalweg, décrit des ondulations dont on peut se faire une excellente idée en prenant pour exemple le bombement de Samson, qui, entre Namur et Andenne, ramène au jour le calcaire carbonifère, dont l'affleurement dans la vallée de la

Meuse vient interrompre la continuité de la bande de terrain houiller qui constitue partout ailleurs le noyau du synclinal de Namur. Supposons que celui-ci soit resté recouvert par la nappe de terrains plus récents dont l'érosion l'a débarrassée presque partout, et imaginons un sondage planté à Samson, exactement dans l'axe du bassin, c'est-à-dire sur une ligne indiquée par la direction générale actuelle du cours de la Meuse entre Andenne et Namur. La sonde y aurait pénétré dans le calcaire carbonifère, sans recouper à aucun moment le terrain houiller. Installée, à Namur ou à l'Est d'Andenne, toujours exactement dans la direction de l'axe du bassin, elle n'eût ramené au jour que du terrain houiller inférieur.

Une troisième solution consisterait dans le cas d'une formation houillère suffisamment riche, disposée en un synclinal aligné suivant la direction indiquée, enseveli sous une épaisseur modérée de couches plus récentes, mais ayant subi, localement si l'on veut, avant d'être recouvert, une érosion comparable à celle qui a rasé jusqu'aux fondements les bassins houillers dont nous retrouvons aujourd'hui l'infrastructure dans le Condroz, et qui ne contiennent plus que du houiller stérile.

Enfin, pour terminer l'énumération des principaux cas défavorables qui eussent pu se réaliser, il est opportun de faire observer que la loi du parallélisme des plis n'étant capable de s'appliquer qu'avec une approximation grossière, le synclinal, à supposer qu'il existât et fût exploitable, pouvait tout simplement passer en dehors de notre frontière septentrionale ou tout au moins n'empiéter sur celle-ci que d'une façon très peu importante, la partie riche du gisement se trouvant sous le territoire hollandais.

On voit que les considérations purement géologiques relatives à l'existence d'un gisement houiller en Campine étaient plutôt de nature à inspirer la plus grande

circonspection. Aussi n'est-il pas étonnant que des géologues de toute première valeur se soient refusés à encourager les recherches, ne pouvant se résoudre à éliminer à peu près gratuitement quatre hypothèses, à tout bien peser, fort vraisemblables, pour laisser le champ libre à celle que les faits montrèrent plus tard être la bonne.

Il est vrai qu'un argument de fait avait été produit, qui pouvait incliner sérieusement la balance ; il consiste dans la régularité des allures au sujet de laquelle, en 1876, Lambert avait écrit ce qui suit : « Du côté nord, au contraire, comme l'indiquent les coupes des bassins anglais et allemands, la régularité est très grande, et plus on avance, plus elle semble augmenter en même temps que la richesse du bassin. Ce fait est d'une grande portée pour les exploitations futures dans tous les points situés intermédiairement à ces coupes... » (1).

Cette régularité, bien constatée, augmente évidemment la vraisemblance de l'hypothèse à laquelle se rangèrent les chercheurs dont l'initiative eut la découverte d'Asch pour conséquence. « La vérité » avait coutume de dire l'illustre chimiste Louis Henry « s'entrevoit plus aisément qu'elle ne se prouve ». Dans l'état où était la question au moment où furent entrepris les sondages, la vérité pouvait être entrevue, mais elle échappait à toute démonstration théorique, et ne pouvait être établie que par voie expérimentale, c'est-à-dire par des sondages. Ce serait diminuer injustement la valeur de l'œuvre accomplie que de la présenter comme se réduisant à la confirmation d'une vérité scientifiquement établie.

C'est par leur adhésion à une vérité non démontrée

(1) G. Lambert, *Notice sur le bassin houiller du Limbourg hollandais*. Bruxelles, 1876.

que M. André Dumont et ses collaborateurs (1) furent amenés à se tracer une tâche dont l'accomplissement les conduisit à réaliser cette démonstration. Et c'est là un immense mérite, qu'aucune contestation de priorité ne peut leur enlever. En s'attachant, avec une persévérance opiniâtre, à faire triompher leur conviction, ils s'engageaient dans une périlleuse entreprise, dont l'échec eût entraîné pour certains d'entre eux et principalement pour leur chef, des conséquences désastreuses, parmi lesquelles la perte des capitaux engagés n'eût tenu qu'une place insignifiante.

La découverte du bassin houiller de la Campine n'est pas de celles que la science géologique peut inscrire parmi ses états de service. Ce fut essentiellement un événement économique, et c'est pour cette raison que son retentissement fut si profond, et qu'on peut la considérer comme marquant une date importante de notre histoire. Ce n'est pas pour avoir affirmé en 1877 l'existence du bassin qu'il découvrit en 1901 que M. André Dumont s'est acquis un titre incontestable à la reconnaissance nationale, mais pour avoir été l'âme d'une entreprise hardie, périlleuse, dont la réussite ouvrit à la Belgique industrielle la perspective d'une prospérité nouvelle et inespérée.

Empressons-nous de faire observer que si nous tenons pour purement permissif le rôle de la science pure dans la première phase de la découverte, il en est tout autrement de la seconde période, celle de l'exploration méthodique de la délimitation du nouveau bassin, ainsi que de l'étude systématique et de l'interprétation des données recueillies pendant l'exécution des sondages, tant dans les morts-terrains que dans le terrain houiller. Au cours des investigations laborieuses

(1) Le Conseil d'administration de la Société qui entreprit le sondage d'Asch se composait de MM. Deulin, Deboucq, Évence Coppée, Herman De Preter, André Dumont, Louis Jourdain, W. Langen et Anton Raky.

qui ont occupé plus de dix ans et se poursuivent encore à l'heure actuelle, la géologie et la paléontologie ont apporté à l'industrie un concours d'importance capitale, tout en réalisant d'ailleurs dans leur domaine propre plus d'une conquête précieuse.

Si l'équité commande de reconnaître à M. Dumont et aux industriels de son groupe tout le mérite de la découverte, elle exige aussi qu'on admette que les théoriciens qui se sont consacrés à l'étude méthodique du gisement, ont rendu à leur tour un service éminent au pays, en contribuant à assurer l'exploitation rationnelle et fructueuse du champ nouveau ouvert à notre activité nationale (1).

II. *Le terrain houiller dans le midi du Hainaut*

Des recherches toutes récentes, commencées en 1906 et non encore terminées, ont fait reconnaître qu'il existe au Midi des bassins houillers du Hainaut, des gisements étendus, riches en combustible dont la teneur en matières volatiles est comprise entre 7,45 (Mahy-Faux) et 23,50 % (Bienne-lez-Happart). Bien que recouverts d'une assez forte épaisseur de terrains stériles, plus anciens que le houiller, ces gisements se présentent encore à une profondeur industriellement utile, et l'on peut espérer que leur exploitation fournira précisément les variétés de charbon dont le manque se fait le plus vivement sentir sur notre marché. Comme la découverte du bassin houiller de la Campine, la reconnaissance de ces réserves présente donc, au point

(1) Les principaux travaux sur la matière sont ceux de MM. X. Stainier, et G. Schmitz, A. Habets, M. Lohest, H. Forir, P. Fourmarier et A. Renier. Aucun de ces savants ne s'offensera de voir mettre particulièrement en évidence le nom de M. X. Stainier, professeur à l'Université de Gand, qui a consacré la plus grande partie de son activité à l'étude des bassins houillers belges, à la connaissance desquels il a fait accomplir plus d'un progrès important.

de vue du développement de notre activité industrielle, une importance de tout premier ordre.

L'étude approfondie des résultats de nombreux sondages, a permis à notre savant confrère M. X. Stainier, professeur à l'Université de Gand, d'esquisser à grands traits la structure des gisements nouvellement découverts (1). La bande synclinale dans laquelle les exploitations actuelles sont localisées, n'est en réalité qu'une partie du bassin de Namur. Contrairement à ce que représentent la plupart des coupes schématiques qui en ont été données jusqu'ici, celui-ci comprend dans sa partie occidentale, plusieurs cuvettes synclinales juxtaposées, plus ou moins exactement parallèles entre elles. C'est à une de ces cuvettes synclinales, entièrement dissimulée par un massif plus ancien, qu'appartiennent les couches productives recoupées récemment par les sondages forés au Midi des bassins exploités.

Les diverses phases de cette découverte sont intimement liées au développement des connaissances acquises sur la tectonique de la région. C'est grâce à une connaissance plus parfaite de la structure du bord Sud du bassin houiller que la probabilité de l'existence de gisements plus méridionaux fut reconnue. Alors qu'en étudiant rétrospectivement le cas du bassin houiller de la Campine, nous nous trouvions forcé de reconnaître que les spéculations théoriques devaient plutôt exercer sur les chercheurs une influence hautement modératrice et, tout bien considéré, peu encourageante, l'histoire de la découverte des nouveaux gisements hennuyers nous fera voir qu'une étude théorique sagace et solidement appuyée sur des faits, avait clairement indiqué la voie, et conduit son auteur, vingt ans avant l'exécution des sondages, à la possession d'une grande partie de la vérité.

(1) X. Stainier, *Structure du bord Sud des Bassins de Charleroi et du Centre, d'après les récentes recherches*, 1re partie. ANNALES DES MINES DE BELGIQUE, t. XVIII, 1913, 1re livraison, pp. 273-313.

On sait que le synclinal de Namur, dont font partie les bassins industriels exploités dans le Hainaut, la province de Namur et la province de Liége, est affecté, sur presque toute la longueur de sa bordure méridionale, par d'importants accidents tectoniques.

Il doit sa structure actuelle aux poussées hercyniennes, qui, après la formation du terrain houiller, ont fait naître, dans la vaste nappe de couches dévoniennes et carboniériennes étalée sur notre pays, une imposante série de plissements, constituant dans leur ensemble un massif montagneux de grande altitude, dont notre Haute Ardenne n'est qu'un vestige très effacé. Réduit aujourd'hui à ses racines, ce massif comprend deux grandes zones synclinales, les bassins de Namur et de Dinant, séparées l'une de l'autre par une bande anticlinale, appelée assez improprement Crête du Condroz ; le bassin de Dinant est borné au Sud par la zone anticlinale de l'Ardenne, tandis que le massif Cambro-Silurien du Brabant limite au Nord le synclinal de Namur.

Des recherches, bien connues, de notre savant collègue M. le chanoine de Dorlodot, professeur à l'Université de Louvain, ont montré que depuis la transgression effectuée vers le Nord par la mer couvinienne, les bassins de Namur et de Dinant ont subi la même destinée et n'ont été séparés que lors de la poussée hercynienne, qui eut pour résultat de faire surgir, entre deux synclinaux, dans un ensemble de couches restées jusque là à peu près horizontales, la gigantesque crête anticlinale du Condroz.

C'est aussi la poussée hercynienne qui, en s'exagérant, donna au bord sud du synclinal de Namur sa structure compliquée, en provoquant la rupture du pli du Condroz, suivant une surface peu inclinée, sur laquelle l'anticlinal tout entier et même une notable partie du bassin de Dinant subirent un important dé-

placement vers le Nord. Ce déplacement, ou charriage, eut pour effet de superposer au bassin houiller, tout au moins sur une grande partie de sa largeur, un énorme massif de terrains plus anciens, d'origine méridionale.

Le transport d'une masse aussi considérable à une grande distance de son lieu d'origine ne put s'effectuer sans complications. Plusieurs failles, à l'ensemble desquelles on donne souvent le nom de « Grande Faille » (1), prirent successivement naissance après le début du charriage, isolant des parties plus ou moins importantes du massif supérieur qui restèrent en route, resserrées entre deux surfaces de glissement, et constituèrent ce que les tectoniciens appellent des lambeaux de refoulement ou lambeaux de poussée. L'ensemble des masses refoulées, soumis dans la suite à une érosion prolongée, subit une démolition assez avancée pour remettre à nu, mais en partie seulement, le terrain houiller sous-jacent, sur lequel on retrouve aujourd'hui, par endroits, sous la forme de nappes généralement peu épaisses, terminées inférieurement par une surface courbe, un certain nombre de lambeaux de poussée, auxquels leur forme et leur situation superficielle ont fait donner le nom d'*Écailles*. Les gisements nouvellement reconnus dans le Hainaut représentent une partie du bassin de Namur, plus profondément enfouie, et restée ensevelie malgré l'intensité de l'érosion exercée sur la nappe de recouvrement.

Les couches redressées et renversées qui sont actuellement soumises à l'exploitation dans les bassins du Hainaut, n'appartiennent donc pas au véritable bord sud du synclinal de Namur ; elles constituent le flanc

(1) Cfr. J. Gosselet, *Mémoire sur les terrains primaires de la Belgique, les environs d'Avesnes et du Boulonnais.*

nord d'un anticlinal, au midi duquel un nouveau synclinal se dessine. Les gisements recoupés par les sondages terminés à l'heure actuelle ne sont autre chose que le flanc nord, disposé en plateure, de ce synclinal, dont le flanc sud reste à découvrir et sera probablement rencontré par un certain nombre des forages encore inachevés.

On peut, d'une manière générale, considérer l'ensemble des massifs superposés au houiller, comme ayant la forme d'un coin allongé, dont l'épaisseur en un point donné, dépend évidemment de l'inclinaison de la faille qui constitue sa face inférieure.

Au voisinage de leur affleurement les surfaces de glissement peuvent présenter une pente assez forte, qui, en général, s'atténue rapidement en profondeur et peut devenir très faible. Lorsque ce cas se réalise, les deux faces du coin étant quasi parallèles, l'épaisseur de la nappe de charriage ne peut croître que lentement, et le massif chevauché se maintient à peu près à la même profondeur sur une étendue considérable. Si au contraire l'inclinaison est notable, l'épaisseur du biseau stérile augmente rapidement et la zone dans laquelle on peut espérer rencontrer des gisements exploitables se restreint à une bande étroite. Une faille dont la surface était à l'origine très voisine de l'horizontale peut d'ailleurs avoir été plissée dans la suite et présenter des ondulations d'allure synclinale ou anticlinale, dont l'existence a pour effet de faire varier dans une assez large mesure l'épaisseur des terrains improductifs intercalés entre le gisement et la surface du sol, nivelé par une érosion postérieure au plissement. La fortune de sondages de recherche forés en divers points de la surface d'une nappe reposant sur une faille plissée, peut donc être très inégale à ce point de vue.

Si l'on cherche à évaluer les chances de succès de

l'un quelconque des sondages actuellement en cours, on est amené à reconnaître l'intervention de deux facteurs principaux. L'un de ceux-ci est évidemment l'allure de la faille sous laquelle on s'attend à trouver le terrain houiller, l'autre étant l'extension méridionale des couches exploitables. S'il est présentement établi qu'une voûte anticlinale, suivie d'un second synclinal, vient augmenter vers le midi la largeur de la bande houillère déjà exploitée dans le Hainaut, il est théoriquement possible que le bassin nouvellement découvert ne représente pas encore l'extrémité sud de l'ensemble des plis contenant du houiller exploitable et qu'au lieu d'un bassin nouveau il y en ait en réalité deux... ou plusieurs.

La question, ainsi envisagée, aurait évidemment fait un pas important si l'on était en mesure de déterminer avec une certaine approximation, la longueur du chemin parcouru par les lambeaux de poussée arrachés au véritable bord sud du bassin de Namur, ce qui reviendrait à évaluer l'importance du rejet total de la Grande Faille. On peut formuler de façon très concise, les conditions d'où dépend l'existence de gisements méridionaux exploitables, et qui sont : une faible inclinaison de la surface de charriage, et une très grande valeur du rejet horizontal, impliquant nécessairement un grand développement transversal de l'ensemble des plis qui forment la partie occidentale du bassin de Namur.

On trouvera sans doute piquant de constater que la réalisation de ces conditions avait été établie il y a près de vingt ans, et que la configuration tectonique que l'on a appelée dans la suite la réduplication du synclinal de Namur, avait été décrite avec faits à l'appui, et *figurée* dans deux mémoires successifs dont l'un fut publié en 1895 dans les Annales de la Société géologique de

Belgique (1) et l'autre en 1898 dans les Annales de la Société scientifique de Bruxelles (2). Ces brillants travaux, devenus aujourd'hui classiques à juste titre, ont porté principalement sur trois points : 1° l'étude de la partie orientale de la grande faille du Midi, des diverses branches qui la constituent, et des lambeaux de poussée que celles-ci séparent ; 2° la recherche de la genèse de la crête du Condroz et de la grande faille ; 3° l'établissement des relations génétiques de celle-ci et de la crête anticlinale du Condroz. Essayons d'en résumer les résultats essentiels, en commençant par ceux qui concernent la grande faille du Midi.

Un premier point acquis à la suite de ces recherches fut la non continuité de la grande faille. Il existe en effet au voisinage de la vallée de la Meuse, une région dans laquelle les couches renversées du bord sud du grand synclinal de Namur se succèdent régulièrement, du Houiller inférieur au Poudingue de Naninne. Cette région est celle où l'axe synclinal se relève, réduisant progressivement la profondeur du pli jusqu'à produire à Samson, une interruption de la bande houillère. De part et d'autre de la zone où les contacts sont normaux, la bordure sud du bassin de Namur prend une structure plus compliquée, due à l'apparition de deux failles en quelque sorte symétriques l'une de l'autre, la faille eifélienne, dans la région orientale, et la faille du midi dans la partie occidentale. Ces deux failles ont, au voisinage de leur origine, un rejet relativement faible, qui s'accentue rapidement vers l'Est pour la faille eifélienne, vers l'Ouest pour la faille du Midi, l'accrois-

(1) *Recherches sur le prolongement occidental du silurien de Sambre et Meuse et sur la terminaison orientale de la faille du Midi*, par le chanoine H. de Dorlodot, Annales de la Société géologique de Belgique, tome XX, mémoires 1895.

(2) *Genèse de la crête du Condroz et de la grande faille* (du même auteur), Annales de la Société scientifique de Bruxelles, 1898.

sement du rejet coïncidant avec l'augmentation de profondeur du grand synclinal.

Contrairement à ce que pensaient M. Gosselet, qui considérait la grande faille comme ayant emprunté la surface axiale de l'anticlinal du Condroz, et Marcel Bertrand, qui y voyait le résultat de l'étirement du flanc inférieur d'un grand pli couché, M. de Dorlodot, se rangeant à l'opinion professée par Briart, démontra rigoureusement que la grande faille du Midi et par analogie la faille eifélienne, se sont produites *en travers* de l'anticlinal du Condroz et non suivant la surface axiale.

L'une comme l'autre se sont produites en plusieurs étapes ; elles comprennent en réalité un faisceau de surfaces distinctes, se rejoignant en profondeur, et dont on peut fixer l'ancienneté relative, grâce à la possession d'une loi énoncée pour la première fois par Alphonse Briart (1), et mise sous une forme plus exacte et définitive par M. H. de Dorlodot, qui en a fourni une démonstration pleinement satisfaisante. « En général, on peut reconnaître l'âge relatif de ces failles à leur ordre de superposition, les plus anciennes étant les plus inférieures » (2).

La branche la plus ancienne de la grande faille du Midi est la faille d'Ormont, qui en est en même temps la branche la plus orientale. Prenant son origine à peu de distance de la vallée de la Meuse, dans la bande silurienne du Condroz, elle affleure suivant une ligne assez fortement ondulée, qui, vers le méridien de Franière, se recourbe à angle droit et pénètre dans le bord sud du synclinal de Namur qu'elle sépare en deux massifs, le massif de Malonne, que l'on peut considérer comme resté en place, et le massif qu'elle a refoulé

(1) *Géologie des environs de Fontaine l'Évêque et de Landelies*, Annales de la Société géologique de Belgique, tome XXI, mémoires 1894.

(2) *Genèse de la crête du Condroz*, p. 40 du tiré à part.

vers le Nord, et dont la belle coupe du Rocher St-Pierre à Franière montre si clairement la superposition au premier.

La faille d'Ormont a pu être suivie à la surface sur plus de seize kilomètres, entre les Roches St-Pierre et les environs de Bouffioulx, où les travaux du charbonnage d'Ormont ont montré qu'elle superpose au terrain houiller, un massif calcaire dont la continuité avec le massif auquel appartiennent les Roches St-Pierre a pu être démontrée. On a, pour cette raison, donné au massif constituant la lèvre sud de la faille d'Ormont, le nom de massif de Bouffioulx.

Le calcaire de Bouffioulx, dans la vallée d'Acoz, dessine un pli anticlinal, dont le noyau est occupé par du Viséen inférieur, et au sud duquel apparaît un pli synclinal.

Vers l'Ouest, ce calcaire est mis en contact avec le dévonien supérieur, par la faille de Chamborgniau sous laquelle il disparaît, et qui limite inférieurement un nouveau lambeau de poussée, appelé massif de Loverval : Celui-ci, sur son bord sud, est recouvert à son tour par le massif du Midi, reposant sur une troisième branche de la grande faille.

Les phases successives de la production de ce grand accident tectonique ont donc été, pour cette région, d'abord la faille d'Ormont, puis la faille de Chamborgniau et, en dernier lieu, la faille du Midi.

M. de Dorlodot, après avoir fait une étude précise et détaillée de ces diverses branches, a montré que la grande faille du Midi n'est autre chose qu'un faisceau de surfaces très faiblement inclinées, appartenant au type des chevauchements horizontaux de MM. Heim et de Margerie. Ces surfaces, notamment celle de la faille d'Ormont, peuvent être ondulées, au point de présenter parfois une inclinaison inverse de l'inclinaison générale : Ce sont des failles plissées, dont la surface a été défor-

mée selon toute probabilité par une dernière manifestation des poussées orogéniques dont les effets principaux avaient été en premier lieu la formation des grands plis, puis la rupture transversale de ceux-ci par des failles probablement très voisines de plans horizontaux.

La loi précédemment énoncée au sujet de l'âge relatif des différentes branches de la grande faille du Midi, a un corollaire important formulé comme suit par notre savant confrère : « Les massifs superposés par les failles de refoulement sont d'origine d'autant plus éloignée qu'ils sont plus élevés dans la série » (1).

Le déplacement s'étant certainement effectué suivant une ligne approximativement dirigée du Sud au Nord, le lambeau de Loverval est celui des trois massifs qui a l'origine la plus méridionale. Tout lambeau qui lui serait superposé devrait être considéré à son tour comme venu de plus loin encore dans cette même direction.

Cela posé, la structure anticlinale du massif de Bouffioulx prend une signification capitale. Le calcaire qui le constitue, et qui borde au Sud une bande de houiller inférieur qui constituait primitivement le prolongement du houiller inférieur du massif de Malonne, a été arraché par la faille d'Ormont, au massif comprenant le terrain houiller exploité par dessous, et doit par conséquent retrouver son soubassement en place, au Midi des derniers dressants connus par les travaux de mines; ces dressants ne représentent donc pas le véritable bord sud du bassin exploité, dont les couches, sous la faille d'Ormont, doivent se recourber en une voûte anticlinale, au midi de laquelle s'amorce un nouveau synclinal.

Ce synclinal ou bassin méridional, doit avoir fourni, aux dépens de son flanc sud, le lambeau de poussée de

(1) *Op. cit.*, p. 51 du tiré à part.

Loverval, dont l'origine est plus éloignée encore vers le Midi. Or, M. de Dorlodot ayant reconnu que ce massif contient encore, malgré l'érosion subie, toute la série houillère inférieure, concluait, dès 1895, que le pli méridional « doit être assez profond pour que son noyau soit formé par du houiller proprement dit, dans le massif resté en place *et situé en-dessous de la faille* » (1).

Une confirmation de cette conclusion est fournie par l'étude d'un autre lambeau de refoulement, le massif de la Tombe, étudié par Briart et par Smeysters. Ce massif exploité anciennement par le Puits St-Martin a une disposition synclinale ; reporté à son lieu d'origine, suivant la surface de la faille de la Tombe qui le limite en-dessous et l'a rejeté vers le Nord, il doit venir retrouver au Sud du bassin actuellement exploité, un pli synclinal important, dont il n'est que la partie supérieure, tranchée par une faille en travers.

On saisira du premier coup d'œil, l'importance de ces conclusions, solidement appuyées sur des faits ; elles mettaient en effet en pleine lumière dès 1895, l'existence, au midi du bassin exploité, d'un pli synclinal assez profond pour contenir du houiller productif, et faisaient voir que le vrai bord méridional du synclinal de Namur devait être cherché plus au Sud.

Il est vrai que les faits invoqués, s'ils établissaient l'existence d'une cuvette jusque là insoupçonnée, avaient aussi pour conséquence de montrer que celle-ci, par le fait de la faille d'Ormont, avait subi, dans la région étudiée, une « diminutio capitis » qui pouvait réduire singulièrement l'intérêt pratique de sa découverte. Mais il faut se garder d'oublier que, comme le bassin principal, qui s'approfondit rapidement vers

(1) *Recherches....*, p. 392. Les derniers mots sont soulignés dans le texte original.

l'Ouest, la cuvette qui borde au Midi le prolongement de l'anticlinal de Bouffioulx peut, elle aussi, gagner à la fois en profondeur et en largeur et constituer dans sa partie occidentale, soit un bassin nouveau séparé de l'ancien, auquel il serait à peu près parallèle, soit un important prolongement de celui-ci, auquel il se réunirait par suite de l'ennoyage de l'anticlinal dont l'extrémité occidentale les sépare.

La faible inclinaison de la grande faille, et notamment de sa branche orientale, la faille d'Ormont, jointe à l'importance du rejet, dont M. de Dorlodot avait recherché la valeur minima (1), autorisait dès cette époque, l'espoir de rencontrer un gisement nouveau, à une profondeur encore exploitable.

On peut se demander comment nos industriels, qui déployèrent dans la suite une si belle audace, s'émurent si peu lors de la publication de ces conclusions, et ne se mirent résolument en campagne que dix ans plus tard. M. Stainier, dans la remarquable étude qu'il vient de publier dans les Annales des Mines en voit la raison dans l'insuffisance des procédés de reconnaissance, portés par nos voisins de l'Ouest à un haut degré de perfection, mais restés peu connus en Belgique, jusqu'au jour où ils furent appliqués par M. André Dumont à la recherche du terrain houiller en Campine.

Il ne serait d'ailleurs pas exact de considérer les années écoulées de 1895 à 1906 comme une période d'inertie complète. Plusieurs ingénieurs distingués, étudiant avec soin la partie du bassin dont l'exploitation leur était confiée, se rangèrent durant ce temps, à l'idée d'une extension méridionale importante des gisements.

(1) Les chiffres obtenus comme résultat d'une étude où la signification des faits subissait une réduction systématique au minimum admissible, sont pour méridien de : 2600 mètres pour la faille d'Ormont, 6920 pour la faille de Chamborgniau, et 3680 pour la faille du Midi, soit au total 13 200 mètres.

Ce n'est toutefois qu'à partir de 1906 que s'ouvrit une campagne intensive, à l'actif de laquelle on peut inscrire aujourd'hui environ quatre-vingts sondages profonds, dont le résultat fut, comme l'exposait récemment notre savant confrère M. Stainier, d'établir l'existence d'un second syclinal au midi du premier.

Mais ce nouveau bassin n'est pas celui dont la configuration du massif de Bouffioulx implique nécessairement l'existence. On en verra la raison en examinant avec attention la structure des lambeaux de poussée et de la Crête du Condroz.

Les recherches de M. de Dorlodot ont fait voir que la partie de la Crête du Condroz située à l'Ouest de la Meuse se compose en réalité de deux plis anticlinaux se relayant l'un l'autre. Le premier forme à lui seul ce grand relèvement entre la Meuse et le Méridien de Sart-Eustache. A partir de ce point il s'ennoie rapidement, après avoir formé la voûte anticlinale de Bouffioulx, et disparaît sous la faille de Chamborgniau. Le second n'est autre chose qu'un pli secondaire de la région nord du bassin de Dinant, l'anticlinal de Saint-Gérard, qui, avant la production des grandes failles devait, d'après notre savant collègue, passer au midi de la terminaison occidentale du premier, et prendre ensuite vers l'Ouest un développement extrêmement rapide, pour constituer à son tour dans cette région, la véritable Crête du Condroz. Le bassin figuré dans les deux mémoires publiés en 1895 et 1898 est donc compris entre ces deux anticlinaux.

Or, les études récentes de M. Stainier basées sur les données fournies par ceux des sondages dont les résultats sont connus, ont fait voir que le relèvement anticlinal séparant des gisements exploités la cuvette synclinale nouvellement découverte, n'est autre chose que le prolongement de la voûte reconnue depuis longtemps par les charbonnages du Carabinier et du Bou-

bier; formée au Nord de dressants renversés, cette voûte a son flanc sud occupé par des plateures, entrecoupées de petits ressauts ou faux-dressants. C'est dans ces plateures qu'ont été forés les sondages dont l'heureux succès a eu pour résultat, d'après M. Stainier, d'ajouter au bassin exploité, « une bande mesurant par places plusieurs kilomètres de largeur » (1).

Mais ces plateures avaient été exploitées au charbonnage d'Ormont et les sondages d'Oignies-Aiseau et de Chamborgniau avaient établi qu'elles s'étendaient fort loin sous la faille d'Ormont vers le Sud.

Il est donc clair que le seuil formé par la voûte du Carabinier ne peut être la continuation de l'anticlinal de Bouffioulx, qui doit se trouver au sud du bassin dont l'amorce a été retrouvée. S'il en est ainsi, les sondages actuellement échelonnés entre la zone déjà reconnue et la frontière française, doivent montrer, au midi des plateures formant le flanc sud de la voûte du Carabinier, un retour en dressants, constituant le flanc nord d'un repli anticlinal, suivi lui-même d'une nouvelle série de plateures appartenant au flanc nord du bassin figuré schématiquement en 1895 par M. de Dorlodot. Il va sans dire que l'importance de ce dernier anticlinal, prolongement de la partie orientale du pli du Condroz, peut être très atténuée, en vertu de l'ennoyage rapide de celui-ci. Il se pourrait qu'à une certaine distance vers l'Ouest, le synclinal dessiné au midi de la voûte du Carabinier, ne soit séparé du synclinal le plus méridional que par un relèvement peu important du terrain houiller lui-même, le calcaire carbonifère (et peut-être le houiller inférieur), n'atteignant pas le niveau des exploitations les plus profondes.

L'anticlinal sud, dont la partie occidentale joue le

(1) *Op. cit.*, p. 274.

rôle de Crête du Condroz, borde au Nord la formation Rhénane du bassin de Dinant, dont la limite nord se reporte vers le Sud en décrivant une courbe assez brusque; suivant M. de Dorlodot, l'axe du relèvement anticlinal du Condroz avait sa place tout indiquée « là où des dépôts d'une puissance moyenne d'au moins 1600 mètres cessaient de s'interposer entre les schistes siluriens et la base du Dévonien moyen » (1).

La bordure septentrionale du dévonien inférieur du bassin de Dinant, avant la production de la grande faille, devait passer assez loin au midi de sa position actuelle, pour laisser place à l'entièreté des dépôts houillers du bassin de Namur, dans lesquels le plissement avait fait naître pour le moins trois cuvettes synclinales, le bassin exploité, le bassin nouvellement recoupé par de nombreux sondages, et le pli qui doit se dessiner au sud de l'anticlinal envoyé de Bouffioulx, et dont la décapitation par la faille d'Ormont a fourni le massif synclinal exploité au Puits St-Martin.

Bien que le bassin de Dinant soit actuellement, par le jeu de la faille du Midi, superposé partiellement au bassin de Namur, l'énormité du rejet, qui croît avec une grande rapidité vers l'Ouest, autorise parfaitement cette conclusion.

On voit que les études tectoniques dont nous avons essayé de retracer les grands traits ont eu pour résultat tout d'abord, de faire reconnaître que le véritable bord sud du bassin de Namur devait être recherché très loin vers le midi, ensuite que la structure de ce bassin, moins simple qu'on ne l'avait pensé, comportait l'existence d'un pli secondaire, entièrement caché sous les lambeaux de recouvrements, enfin que l'allure des failles appartenant au type de chevauchements horizontaux, bien qu'ayant été modifiée par des poussées postérieures à la phase des grands plissements, était demeurée assez

(1) *Genèse de la Crête du Condroz*, p. 9 du tiré à part.

voisine de l'horizontale pour que l'épaisseur du massif refoulé se maintînt à peu près constante sur une grande étendue.

En faisant avec une pareille rigueur de méthode, et avec une aussi grande largeur de vues, l'étude détaillée de la partie orientale de la grande faille, M. le chanoine de Dorlodot avait donc fait faire aux connaissances que l'on possédait sur la structure du bord méridional des bassins houillers du Hainaut, un progrès véritablement décisif qui tôt ou tard devait entraîner nos ingénieurs à la conquête de nouveaux gisements. Dès la publication de ses magistrales études, le problème de l'extension méridionale des bassins houillers du Hainaut était nettement posé, et la solution en était poussée aussi loin qu'elle pouvait l'être par le moyen de recherches théoriques, menées avec le constant souci de réduire au strict minimum la part des considérations hypothétiques, et solidement appuyées sur des faits dont la réalité ne saurait être contestée. Aux noms des chercheurs que la loi reconnaîtra comme les inventeurs de ces gisements, la justice la plus élémentaire commande donc de joindre le nom du savant théoricien dont les travaux, continuant brillamment ceux de l'illustre Briart, eurent pour résultat d'indiquer dès 1895, aussi clairement que possible et en se basant sur des faits, les espérances qu'il était permis de concevoir et la voie dans laquelle il fallait poursuivre leur réalisation (1).

F. Kaisin.

(1) Nous nous reprocherions de passer ici sous silence le nom de M. X. Stainier, dont les patientes recherches ont en plus d'une occasion servi de base aux considérations théoriques émises par M. de Dorlodot et dont l'intervention sagace et le concours laborieux ont rendu d'inappréciables services aux industriels poursuivant la mise en valeur des richesses contenues dans nos bassins houillers.

Comme MM. André Dumont et H. de Dorlodot, M. Stainier fait depuis longtemps partie de la Société scientifique de Bruxelles qui s'honore de le compter parmi ses membres.

VARIÉTÉS

I

LE PROGRÈS DE LA CULTURE PAR LA SCIENCE ET L'ASSOCIATION (1)

Lorsque nous avons organisé en Belgique, sous le Ministère de Moreau, les premières écoles de laiterie, nous avons préconisé dès le début la création de cours de *fromagerie* pour améliorer les conditions de fabrication de ces produits trop négligés de notre industrie laitière. C'était en 1887 : nous rencontrâmes alors, même chez des agronomes et des propriétaires éclairés, qui ont contribué depuis, pour une large part, au progrès de cette industrie par la création de coopératives dans les Flandres, comme M. le baron Peers, une opposition inattendue, parce que l'on s'imaginait que la fromagerie nationale ne pouvait pas lutter avantageusement avec celle de nos voisins de Hollande et de Suisse. L'expérience a prouvé le contraire, car nous fabriquons aujourd'hui des fromages aussi appréciés par nos consommateurs que les fromages de l'étranger. Il convient de ne pas s'arrêter dans cette voie. L'Italie l'a parfaitement compris pour ce qui la concerne ; c'est ce qu'a démontré le *Congrès national de l'industrie du lait* qui s'est tenu à l'exposition de Turin, en 1911 ; et depuis lors, plusieurs sociétés régionales se sont engagées avec succès dans cette voie : telles,

(1) Pour faire suite à l'article : A. Proost, *La Fertilisation des Rochers, des Garigues et des Marais en Italie et en Provence.* REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 3e série, t. XX, 20 juillet, p. 39.

la *Società Caricatori d'Alpi* qui a construit une station fromagère où l'on procède au séchage dans des locaux appropriés, en préconisant l'uniformité et la régularité des procédés, en facilitant la vente par des agents spéciaux et en accordant des avances en espèces à faibles intérêts. La société organise aussi des concours avec primes entre producteurs et des expositions annuelles, avec conférences de professeurs. Ainsi, les fromages italiens se répandent à l'étranger à des prix très remunérateurs ; tels, le fromage romain de brebis *(pecorino)* de la société coopérative *Viterbese* qui sèche environ 3000 quintaux de fromages excellents et parfaitement uniformes, et la société coopérative des *Latterie Agordine* (Belluno) la plus importante de l'Italie.

Plusieurs congrès, intéressant l'avenir de l'agriculture et de l'horticulture, se sont tenus en Italie dans le courant de l'an dernier, notamment le congrès de Rome en septembre 1912, le congrès national *des laiteries sociales* à Crémone, le congrès de la Pouille et le congrès agricole de la Ligurie occidentale à *Porto Mauricio*, sur la Riviera.

Ce dernier congrès invita les agriculteurs et horticulteurs à instituer dans chaque commune, ou groupe de communes, des associations agricoles fonctionnant comme sociétés intermédiaires entre les sociétaires respectifs et l'établissement autonome de crédit agricole de la Ligurie créé par la loi du 6 juillet 1912, afin d'établir un réseau de caisses agricoles qui permette à ce nouvel établissement de crédit d'atteindre rapidement son but. C'est principalement par ces coopératives communales ou intercommunales que le gouvernement italien a pu réaliser de si rapides progrès dans le domaine agricole, *grâce au concours éclairé des professeurs de l'enseignement supérieur et des agronomes de l'État.*

Le congrès de la Ligurie a exprimé le vœu, comme celui de la Pouille, de voir se former partout des *consortiums obligatoires* pour se défendre contre les parasites de l'olivier et de la vigne, en vue d'exercer sur ces cultures une plus sévère surveillance. L'extension croissante du Phylloxéra dans la Pouille menace de plus en plus l'avenir de ces pauvres provinces si fréquemment éprouvées par la famine. D'après les statistiques officielles, sur trois cent cinquante mille hectares de vigne, il y en a eu déjà quatre-vingt-cinq mille contaminés par ce redoutable insecte, dont la science est parvenue en France à limiter et même à arrêter les ravages.

Dans mes précédents articles j'ai cru devoir appeler particulièrement l'attention des lecteurs de la Revue sur les progrès

rapides réalisés par les ingénieurs et les agronomes des départements de Vaucluse et des Bouches-du-Rhône ; j'ai pu constater, en repassant cette année par ces anciennes garigues stérilisées jadis par le mistral et la sécheresse, que l'étendue et la valeur des terres mises en cultures *s'accroissent d'année en année grâce à l'initiative des syndicats agricoles et horticoles* et des inspecteurs ingénieurs de la ligne Paris-Lyon-Méditerranée (1). L'exemple le plus suggestif de ce que peut réaliser la science, quand elle s'appuie sur le crédit et l'association, est sans contredit la récente création de *la station expérimentale de froid à Château-Renard* (Bouches-du-Rhône).

La Compagnie du chemin de fer Paris-Lyon-Méditerranée a donné le terrain et les raccordements ; les machines ont été offertes par une société et les divers intéressés ont fourni les subventions jugées nécessaires par les deux ingénieurs qui sont chargés de la construction, d'après les plans de feu N. Loverdo. Car c'est l'Association française du froid qui a présidé à la fondation de cette station d'études pour la conservation et le transport des produits de la terre, fruits et primeurs, dont j'ai décrit les cultures dans le rapport précédent.

J'ai constaté dès lors que le trafic des primeurs à la seule gare de Château-Renard donne lieu, en saison, à l'expédition journalière de 140 wagons. La méthode suivie est celle du refroidissement des denrées et des wagons par l'air froid qui permet de conserver une hygrométricité modérée (70 à 75 % entre 0 et 4 degrés).

La station comprend trois chambres refroidies de 7 sur 6 m. chacune et une remise à wagons refroidie de 21 sur 3,45 mètres ; des manutentions spéciales à l'entrée des produits et un couloir de 19 sur 2,50 mètres qui sépare la remise aux wagons des chambres refroidies. Les bâtiments en maçonnerie reposent sur un sol en béton, les toits sont en ciment armé revêtu de briques creuses. L'air est séché et refroidi par la circulation entre les tôles sur lesquelles coule la saumure, refroidie à moins de 5° par une machine frigorifique à acide carbonique. Ensuite on le refoule dans les chambres froides après l'avoir stérilisé par l'ozone. Une commission de spécialistes dirige les recherches, notamment en ce qui concerne le rôle du froid dans les diverses fermentations des denrées alimentaires, par exemple, dans le

(1) Voir mon rapport du mois de janvier dernier et mon article publié en juillet 1911 dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES.

vieillissement des vins. On étudiera aussi la fabrication du lait en poudre, suivant le procédé de MM. Fernando, Royer et Lecomte, exposé par M. Sagnier, en 1910, à la Société Nationale d'Agriculture de France. Ce procédé n'exige pas, paraît-il, plus de un kilog. de charbon pour 10 kilog. de lait et s'applique également aux laits écrémés.

Grâce aux irrigations bien dirigées, aux engrais commerciaux, à la multiplication des abris naturels de conifères, ou simplement, pour les cultures potagères, des abris en paille de millet (1) les cultivateurs provençaux triomphent du débordement de la Durance, du mistral et de la sécheresse, surtout autour de certaines villes du Vaucluse et des Bouches-du-Rhône.

Les garigues, autrefois sans valeur, continuent à se vendre de 5000 à 9000 fr. l'hectare !

J'ai constaté aussi que la création des prairies artificielles, particulièrement des légumineuses qui fixent l'azote atmosphérique, prend de plus en plus d'extension et alimente de fourrages comprimés tous les grands marchés du Languedoc et de la Provence, y compris le littoral de la Méditerranée. Ces cultures nouvelles ont déjà transformé l'économie rurale de plusieurs départements du Midi en permettant d'élever du gros bétail là où on ne produisait jadis que des moutons ou des chèvres. Ainsi l'on voit arriver aujourd'hui dans les abattoirs du littoral de superbes bœufs qui ne viennent plus exclusivement, comme autrefois, du Nord ou de l'étranger, mais du Midi de la France, particulièrement du Languedoc. Et les boucheries se multiplient tellement que, la concurrence aidant, on peut livrer la viande de choix à peu près au même prix que chez nous, alors que les autres denrées alimentaires coûtent beaucoup plus cher qu'en Belgique. Cependant, comme le bétail n'est pas seulement nourri de foin comprimé, provenant des irrigations des garigues, mais de pulpes et de drèches, la qualité de la viande n'est pas toujours aussi bonne que celle de notre bétail nourri sur le pré.

En traversant de nouveau la chaîne des Maures, dans le département du Var, j'ai constaté que les cultivateurs de pommes de terre dans les endroits contaminés par le microlépidoptère *(Phtorimaeea operculella)* dont j'ai décrit les ravages, dans mon

(1) Paille qui sert à faire les balais plats en usage dans toute la France pour nettoyer à sec les appartements, vestibules, trottoirs, etc.

dernier rapport, continuent à vendre impunément leurs produits sur les marchés d'Hyères et d'ailleurs, nonobstant les mesures de destruction du parasite qui ont été prises par le département, suivant les indications de la presse agricole et du Ministère de l'agriculture.

Il y a là, peut-être, un danger sérieux pour la Belgique, car il est prouvé aujourd'hui que cet insecte peut s'acclimater dans les pays dont le climat ressemble au nôtre (voir les ANNALES DE LA SOCIÉTÉ ENTOMOLOGIQUE DE NAMUR, 1912). Cet insecte se reproduit, comme la cochenille, avec une grande rapidité, ayant au moins deux ou trois générations par an. Il eût mieux valu prendre des mesures énergiques pour empêcher sa propagation sur le littoral français, au lieu de mécontenter tous les horticulteurs de la Riviera, en deçà comme au delà de la frontière italienne, en prenant des mesures draconiennes pour prévenir l'invasion d'un autre insecte qui n'a pas même atteint la région de San-Remo et de Bordighera. Je veux parler du *Driopsis pentagona*, espèce de cochenille qui s'attaque en Italie à bon nombre d'espèces de plantes d'ornement : mais les mesures énergiques prises par le gouvernement italien, sur le conseil des stations entomologiques, ont pu entraver sa marche envahissante (1).

Il n'en est pas de même, malheureusement, de l'*Icerya purchesii*, autre espèce de cochenille qui a pénétré en France et que j'ai eu l'occasion d'étudier sur place à Villefranche, à côté de la propriété du roi des Belges, à la villa Curtis. Le propriétaire de cette villa s'est prêté à une expérience fort intéressante qui donne déjà des résultats très appréciables. Il s'agit de combattre la reproduction de la cochenille en question par une coccinelle importée de son pays d'origine, le *Navius cardinalis* (Antilles).

On a fait venir de la station entomologique de Naples, qui l'avait importé et multiplié en Italie, ce coléoptère analogue à nos espèces de coccinelles indigènes et qui s'attaque à la larve de l'hémiptère destructeur des orangers et autres plantes des pays chauds cultivées sur la Riviera. Mais la reproduction de l'insecte parasite sur des citrus d'espèces diverses, est si rapide qu'il semble qu'on ne peut en avoir raison que par le fer et par

(1) M. Lairolle, député des Alpes maritimes, a saisi la Chambre des députés de cette question en protestant énergiquement contre l'arrêté pris en janvier dernier, sans avis préalable des intéressés, sur le rapport d'un délégué du Ministère de l'agriculture de Paris, qui ne paraît pas s'être rendu un compte exact de la situation.

le feu, comme le recommandent les professeurs départementaux aux syndicats d'horticulture.

Ceux-ci ont malheureusement fait trop longtemps la sourde oreille, espérant à tort que les rigueurs de l'hiver feraient disparaître le parasite.

M. le député Lairolle, au cours de la discussion du dernier budget de l'agriculture, a interpellé le ministre de l'Agriculture en incriminant peut-être à tort les inspecteurs du service phytopathologique.

« Comment, disaient-ils aux horticulteurs, vous avez la barbarie de « tuer ces malheureuses petites bêtes ! » Les horticulteurs de St-Jean (Villefranche) eurent beaucoup de peine à faire comprendre à ces honorables inspecteurs que lorsqu'une épidémie n'était pas très répandue, il valait mieux la détruire dans son foyer restreint (igne et ferro). »

Quoi qu'il en soit, M. Lairolle assure « qu'il serait bien facile, au moyen d'une entente entre les pays intéressés et voisins de faire établir (comme chez nous) des services d'inspection qui délivreraient aux pays italiens et autres des certificats d'origine » ; à mesure que l'on importe sur le littoral français et italien de la Méditerranée, des espèces ou variétés nouvelles de plantes d'origine exotique, on introduit par le fait même des parasites nouveaux qui s'acclimatent le plus souvent et qui, en se répandant de proche en proche, constituent parfois de véritables fléaux ; tout comme autrefois, ces terribles épidémies qui décimaient périodiquement les nations européennes et dont les germes provenaient de l'Orient, des Indes ou de la côte africaine.

Le développement singulier du parasitisme végétal sur la Riviera ne serait-il pas dû principalement à l'insuffisance ou à l'absence du parasitisme compensateur ?

C'est ce que les Italiens ont pensé, en introduisant, à l'instar des Américains du Nord, ces parasites des parasites, qui dans leur pays d'origine, jouent un rôle évidemment compensateur et régulateur dans l'économie de la nature. Mais ils semblent oublier, comme en France, de veiller à la conservation des oiseaux insectivores, dont le rôle providentiel est indiscutable et que les lois sont impuissantes à protéger dans ces deux pays parce que les préoccupations politiques absorbent à tel point les autorités locales qu'on n'ose guère donner suite aux procès-verbaux des gardes champêtres ; c'est du moins ce qu'affirment les journaux politiques et agricoles en constatant la disparition

progressive des oiseaux insectivores et l'insuffisance absolue de la police rurale, résultant de l'inertie des maires et des préfets. (Dans son numéro du 27 décembre 1910, Le Petit Journal de Paris ne craignait pas d'affirmer le fait en ajoutant : « dans le Midi ce n'est plus une chasse, mais un massacre ») (1).

Aussi ne voit-on plus guère sur la Riviera que de grands vols d'étourneaux, des moineaux et de très petits oiseaux, qui par leur taille, échappent à l'impitoyable avidité des chasseurs, tels les pouillots et de rares mésanges qui rendent de grands services en détruisant les œufs et les larves des chenilles et cochenilles.

En ce moment on voit encore sur les promenades publiques et dans les jardins des quantités de pouillots voltiger de branche en branche, à la façon des mésanges, et faisant une guerre implacable aux larves des coccidées.

L'an dernier une véritable hécatombe d'hirondelles a été causée par le mistral à la fin de l'automne et par le vent du Sud-Est qui a soufflé en tempête, au moment où elles venaient de partir et a refoulé sur la côte des milliers de jeunes de l'année, incapables de résister à la violence du vent. On sait que c'est surtout en Italie que les hirondelles sont détruites par les habitants qui vendent leurs plumes et se nourrissent de leur chair, notamment dans la Pouille où la misère est grande. La chasse aux mouettes est encore permise au fusil sur la Méditerranée, mais ces gracieux oiseaux assimilés chez nous aux oiseaux utiles savent se protéger eux-mêmes et ne quittent guère la mer pendant la saison d'hiver.

J'ai constaté, à plusieurs reprises, que les horticulteurs de profession confondent souvent les parasites végétaux comme les cryptogames, avec les sécrétions ou les coques des insectes destructeurs (2) ; cette confusion est la cause de bien des déconvenues, car les procédés de destruction diffèrent essentiellement.

Ainsi la bouillie bordelaise, si efficace dans le traitement des cryptogames, est souvent impuissante à détruire les insectes ou leurs œufs. Par exemple, elle ne détruit pas la cochenille, dont j'ai envoyé des échantillons à Monsieur le Ministre de l'agriculture et qui ressemble singulièrement, à première vue, aux

(1) « Glu, lacets, fusils, écrivait le correspondant bien informé, tout est permis, alors qu'on aurait le droit d'exiger l'application rigoureuse de la loi ».

(2) Cette confusion est fréquente en pays flamand, où l'on confond sous le nom d' « insecten » les parasites animaux et végétaux. Plusieurs députés ont fait cette confusion en parlant d'un cryptogame parasite en 1910.

taches produites par un champignon microscopique. Il serait bon de signaler le fait à nos professeurs, inspecteurs d'horticulture, car le *chrysomphalus minor* ou *dictyosperma* s'est répandu, je le répète, sur un grand nombre d'espèces de plantes que l'on importe dans le Nord ou qui croissent spontanément dans notre pays, comme sur le lierre ; il semble même que cette plante rustique, à feuillage permanent, contribue pour la plus large part à la propagation d'un parasite, comme le figuier favorise la propagation du *cevoplastis* sur les *citrus* et les lauriers.

La multiplication des cochenilles, même en hiver, est presque toujours suivie, dans tout le Nord de la France, par le développement des cryptogames du genre *fumago* (noir) qui semblent s'alimenter des sécrétions de l'insecte ; comme en Belgique, on voit en été la fumagine se développer sur les plantes attaquées par les pucerons de diverses espèces. Je poursuivrai cette enquête intéressante sur toute la côte italienne, où l'on signale les ravages d'autres parasites d'importation exotique et j'enverrai à Gembloux les échantillons recueillis, en même temps que des échantillons de terres du littoral dont l'analyse m'a permis, l'an dernier, de signaler aux agronomes la présence dans deux départements, le Var et les Alpes Maritimes, d'éléments fertilisants dont on ne soupçonnait pas l'existence ou l'abondance.

A la prière du président M. l'avocat Capdevielle, j'ai donné à Nice une causerie préliminaire aux Dames de l'œuvre du vêtement de St-Augustin, qui s'intéressent à l'éducation professionnelle de la jeune fille à la campagne.

J'ai continué cette œuvre de propagande agricole cet hiver, dans le département des Alpes Maritimes, en exposant les beaux résultats obtenus en Belgique dans nos écoles ménagères (1) et en insistant sur la méthodologie de nos écoles où l'on ne se borne pas à enseigner le métier aux jeunes filles ; nous cherchons avant tout à les intéresser par un enseignement des sciences naturelles, intuitif et non livresque, *sans terminologie rebutante*, comme on le fait encore partout en France en se servant des manuels classiques et en surmenant la mémoire bien inutilement.

(1) Conférence à la Société des Naturalistes des Alpes maritimes ; Nice, 20 mars 1913.

Par la méthode que je préconise *(des faits et non des mots)* et que nous appliquons à Wavre Notre-Dame et ailleurs, nous ouvrons des horizons plus larges, nous enseignons l'hygiène d'une façon pratique, *nous visons à former des fermières capables de seconder leurs maris ou leurs frères au lieu de les paralyser ou de les ruiner par leur coquetterie et leur dédain des travaux de la campagne...* ; et des mères de famille capables d'élever des enfants, *en connaissance de cause*, parce qu'elles sont initiées aux lois de l'hygiène, aux principes de l'éducation rationnelle des facultés physiques et morales (1).

Ces dames niçoises, appartenant pour la plupart à l'aristocratie du département, ont apprécié *la haute portée sociale* de notre enseignement des classes rurales et m'ont prié, par l'intermédiaire de leur Président, de communiquer au bureau les programmes de nos écoles, ainsi que les tracts publiés par le département sur la culture maraîchère et fruitière et sur les jardins ouvriers. Je me suis rendu peu après, avec M. Garibaldi, le président de l'Association des cheminots, dans les environs de la ville pour présider à la création du premier jardin ouvrier, organisé sous les auspices du cercle Notre-Dame. Depuis lors, j'ai appris qu'une *école ménagère agricole* a été créée dans un village des environs, suivant un programme conforme aux nôtres.

J'ai signalé dans mes rapports de l'an dernier, au Ministre de l'Agriculture en Belgique, la création d'autres jardins de ce genre, à la suite des conférences que j'avais données précédemment sur ce sujet.

J'appelai aussi son attention sur les recherches entreprises avec le concours de M. Belle, l'agronome directeur des services agricoles du département, sur la géologie agricole et la géogénie (2) des Alpes maritimes, qui m'ont amené à découvrir des quantités considérables d'éléments fertilisants, tels que la potasse et l'acide phosphorique dans les terrains où l'on n'avait guère signalé leur présence jusqu'ici, et à préconiser ensuite *la sidération*, c'est-à-dire la création des prairies artificielles dans les montagnes calcaires encore stériles; expériences qui ont

(1) Voir mes deux rapports au Congrès des écoles ménagères de Fribourg en 1909 et ma brochure : *L'éducation de la femme selon la Science*, 1906. Société Belge de Librairie.

(2) Les recherches sur la géogénie et l'*édaphisme* que j'ai effectuées en Italie et en France, sont signalées dans le dernier BULLETIN de décembre n° 12 (3e année) de l'Institut international d'agriculture de Rome, p. 2669.

donné aujourd'hui des résultats absolument concluants (voir mon article de février 1911 dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES.

Dans le courant de cet hiver j'ai rappelé l'attention du bureau permanent de l'Institut international de Rome, sur la destruction progresssive des oiseaux migrateurs insectivores qui séjournent l'été en Belgique et qui ne parviennent souvent pas à regagner notre pays au printemps, parce que les habitants du littoral de la Méditerranée et de l'Adriatique en font chaque année de véritables hécatombes, malgré les mesures de protection des gouvernements français et italien. Le préfet des Alpes maritimes vient de prendre un nouvel arrêté interdisant strictement la chasse, en tout temps, de ces précieux auxiliaires de l'agriculture. Mais il est à craindre que ce nouveau règlement ne soit pas mieux observé que les précédents, pour les motifs que j'ai indiqués précédemment. C'est pourquoi j'ai cru bien faire en signalant aux membres de l'Association des naturalistes des Alpes Maritimes les mesures que nous avons prises en Belgique (réunion du mois de décembre 1912). A mon grand étonnement, il s'est trouvé, dans cette assemblée, des contradicteurs pour affirmer que la protection des oiseaux est plutôt une question de sentiment et d'esthétique qu'une question intéressant sérieusement l'avenir de l'agriculture et de l'horticulture.

On se base sur des observations qui prouvent, en effet, que certains oiseaux, comme le moineau, sont plus nuisibles qu'utiles, parce qu'ils détruisent non seulement les récoltes et les fruits, mais les insectes utiles qui contribuent activement, comme les ichneumons, les tachinaires, les coccinelles à limiter la reproduction des parasites des plantes cultivées. On incrimine aussi les étourneaux dont on voit voltiger, sur et autour de la ville de Nice, de véritables nuées et qui sont, paraît-il, très friands des raisins et des olives, comme ils le sont d'ailleurs des fruits à noyau ; mais il suffit de quelques coups de fusil pour préserver les récoltes, et l'on sait qu'ils contribuent d'autre part à la destruction de la redoutable mouche parasite de l'olivier (1).

Le Président de la Société des naturalistes a fait observer que si l'étourneau est, comme le merle, très friand des fruits à

(1) Les ravages exercés par cet insecte contribuent pour une large part à la crise actuelle de l'oléiculture dans le Midi.

noyau, c'est un infatigable échenilleur et destructeur des charançons. Il a débarrassé complètement les forêts domaniales de la Saxe d'un charançon qui ravageait les grands bois de sapin ; alors qu'on avait inutilement dépensé des milliers de marks pour le détruire par divers procédés. Il a suffi de placer dans ces diverses forêts une centaine de nids artificiels d'étourneaux pour enrayer les ravages des insectes parasites.

En Algérie et sur tout le littoral africain, cet oiseau rend de grands services à l'agriculture en détruisant les sauterelles dont les nuées dévastatrices sont souvent suivies de grandes bandes d'étourneaux. En Belgique, ils détruisent en été des quantités énormes de larves et de chenilles, surtout pendant la période de reproduction.

M. Candèze avait jadis formulé dans notre pays la même thèse paradoxale que le professeur de Nice et M. Marion, de Marseille. Cette opinion résulte évidemment d'une connaissance imparfaite des mœurs de chaque espèce d'oiseaux et de l'économie générale de la Nature qui maintient à travers les siècles, sous les apparences trompeuses du désordre, l'équilibre compensateur de la reproduction des plantes et des animaux.

Car il est indiscutable que beaucoup d'oiseaux, comme les fauvettes, les alouettes, les mésanges, les pouillots, les hirondelles, etc., rendent des services signalés aux cultivateurs en détruisant des myriades de chenilles et de larves d'insectes nuisibles, des légions de pucerons et de cochenilles, sans compter les innombrables diptères (cousins ou mouches) qui contribuent pour une large part — la science moderne l'a mis hors doute — à la propagation des maladies contagieuses de l'homme et des animaux domestiques.

Le président de la Société Niçoise, M. Caziot, partageant entièrement ma manière de voir (1), j'ai réclamé la rectification du procès verbal de la séance qui portait à croire que la majorité de l'assemblée était de l'avis de M. Mauri, professeur au lycée de Nice, mon principal contradicteur. Il importe, en effet, de ne pas laisser s'accréditer dans la presse une erreur aussi préjudiciable à l'agriculture internationale.

M. le Président a bien voulu rappeler aussi dans son mémoire,

(1) Il est l'auteur d'un mémoire sur la protection des oiseaux, publié dans les BULLETINS de la Société centrale d'agriculture et d'horticulture des Alpes maritimes, n° 5, mai 1911.

la part active que j'ai prise en 1906 à la défense de cette thèse (Assemblée générale de l'Institut international de Rome, Section des maladies des plantes et des oiseaux insectivores).

Les conclusions de cette section, votées à l'unanimité par l'Assemblée générale, étaient conformes aux vœux émis par la Commission internationale réunie à Paris en 1895, où je fus délégué par le Ministère de l'Agriculture.

Tout en défendant la cause des oiseaux protégés par la convention internationale signée le 12 décembre 1905, j'ai cru devoir faire, dès lors, mes réserves pour ce qui concerne *le moineau*, que d'aucuns considéraient et considèrent encore comme un oiseau utile parce qu'il détruit les hannetons et beaucoup de larves d'insectes, mais qui cause de grands dommages à nos récoltes de céréales et de légumineuses et qui détruit également plusieurs espèces d'insectes utiles. Je rappellerai, à ce propos, l'enquête que j'ai provoquée au Ministère, il y a plus de quinze ans, contradictoirement aux théories de M. le Directeur Gilbert, qui fut délégué avec moi à Paris en 1895 et qui soutint contre moi la cause de cet oiseau si redouté de nos cultivateurs.

Tous nos agronomes consultés furent unanimes à partager ma manière de voir. Le rapport de M. Jadoul était particulièrement concluant pour la région hesbayenne, comme ceux des agronomes du Brabant, des Flandres et de la province d'Anvers.

La discussion du parasitisme en agriculture, qui prélève chaque année un si lourd tribut sur les récoltes, étant inscrite à l'ordre du jour de la prochaine assemblée générale de l'Institut de Rome, les observations qui précèdent ont été communiquées au bureau de l'Institut par l'intermédiaire de notre délégué permanent, M. le Directeur Oscar Bolle. L'administration de l'agriculture aura déjà signalé, d'ailleurs, à Monsieur le Ministre le remarquable rapport du Vice-Président de l'Institut, M. Louis Dop, sur cette question.

M. Louis Dop a confirmé aussi, dans un savant rapport, la thèse que nous avons soutenue depuis longtemps à la Société scientifique (3me section) et à la Commission officielle pour l'étude des *sols* et des *climats* : que la météorologie doit être considérée comme une branche essentielle de l'enseignement agricole, et qu'il importe d'étudier plus méthodiquement, plus *scientifiquement* qu'on ne le fait en France et en Belgique, l'action des éléments sur la terre afin de déterminer les *lois* qui président à ces phénomènes qui rendent si précaire encore, en dépit des

merveilleuses découvertes de la physique et de la chimie au XIXe siècle, l'industrie du cultivateur (1).

En poursuivant depuis quelques semaines, avec le concours de plusieurs agronomes, horticulteurs et propriétaires de vignobles, ainsi que du laboratoire municipal de Nice, mes recherches sur la composition et la genèse des terres arables et particulièrement sur l'influence des divers terroirs du littoral dans la production des bouquets des vins, je crois être arrivé déjà à des résultats intéressant particulièrement les stations agricoles et viticoles.

Par exemple, il existe autour de Nice dans les alluvions torrentielles du Var qui s'élèvent parfois à plus de 300 mètres au-dessus du niveau de la mer, des clos de vignobles réputés, tels que ceux de la Gaude et du Bellet. Ces cultures soignées ne relèvent cependant jusqu'ici que de l'empirisme, leurs propriétaires étant restés étrangers à la physiologie et à la chimie agricoles.

J'ai constaté que les mêmes vignes qui végètent à quelques mètres de distance dans des couches diverses de sable, de marne, de limon ou de calcaire mélangés de cailloux roulés ou de poudingue provenant des roches primitives des hautes Alpes, donnent des produits très différents. Ce fait est particulièrement

(1) Grâce à leur bon sens et à leur grand esprit d'observation, les agriculteurs connaissent assez bien, d'une façon générale, les conditions climatériques de la région qu'ils cultivent. Mais ces renseignements leur viennent généralement de la tradition, quelquefois même d'un empirisme qui n'est guidé par aucune notion scientifique.

Pour aider au progrès il conviendrait donc de déterminer dans un même lieu les relations qui existent entre les phénomènes de la végétation et les conditions atmosphériques ; de connaitre, dans deux régions différentes, les modifications qui résultent, pour ces phénomènes, de conditions climatériques différentes ; de *rechercher les effets nuisibles que les phénomènes atmosphériques accidentels, grêle, gelée, brouillard, etc., déterminent dans chaque région et les moyens de les atténuer ou de les combattre ; de créer dans les différentes régions des services de renseignements et d'avertissements qui, communiqués à des spécialistes agricoles*, permettraient de fixer ceux-ci sur l'urgence et l'opportunité de certaines opérations agricoles, de certains travaux ou de traitements préventifs. Les tentatives faites dans ces différentes voies sont restées *jusqu'à ce jour trop localisées pour être efficaces, ou ont été effectuées avec des moyens insuffisants*, sans base scientifique ; elles ont de plus manqué de la publicité nécessaire à leur diffusion. Les expériences exécutées dans certains pays ont mis en évidence les progrès qu'on était en droit d'attendre de recherches entreprises sur une grande étendue, d'après un plan uniforme, lorsqu'elles étaient conçues d'après des règles scientifiques. (Extrait du rapport de M. Louis Dop).

remarquable dans le *clos de Bellet* appartenant à M. Mari, ancien horticulteur, qui obtient de ses vignes des vins rappelant le bouquet du bourgogne et du sauterne. J'ai prélevé, devant lui avec un géologue de Paris, M. Caux, des échantillons de ces divers sols à la même exposition et à la même altitude. Il résulte jusqu'ici de mes analyses que les sols contenant des débris de roches micacées et feldspathiques, qui titrent parfois jusque 3 ou 4 °/₀ de potasse à l'état de silicate, donnent les meilleurs produits, toutes choses égales d'ailleurs ; tandis que les zones argileuses provenant de la décomposition des schistes et des calcaires (1) de la montagne, produisent des raisins moins sucrés et moins parfumés. Les sables micacés ayant reçu les mêmes engrais donnent un produit supérieur, surtout lorsqu'ils sont mélangés au calcaire magnésien provenant des roches dolomitiques du terrain triassique ou jurassique.

Non seulement il semble que la chaux, la magnésie et la potasse, mais le fer et le manganèse, dont on retrouve toujours des traces dans ces terrains, jouent un rôle important dans la production de ces raisins au point de vue de la formation du sucre et du bouquet du vin.

Il est à remarquer que tous les grands crus des vins de France, comme les bourgognes, les champagnes et les vins de Bordeaux sont les produits de terrains calcaires plus ou moins sablonneux ou marneux de l'époque secondaire, particulièrement des étages jurassiques et crétacés, tandis que les vins du Rhin et de ses affluents sont produits surtout dans des schistes et des grès de l'époque primaire plus ou moins ferrugineux et dans des terrains basaltiques ou trachytiques d'origine volcanique.

Quand le calcaire est mélangé aux silicates de potasse et de magnésie, *comme c'est le cas dans les alluvions torrentielles du Var,* on ne doit guère s'inquiéter de restituer au sol d'autres éléments minéraux que les phosphates.

Et même, il existe des zones où l'acide phosphorique résultant de la décomposition des organismes marins qui ont formé certaines roches calcaires du Trias, du Lias, du Jurassique ou du Crétacé, existe en quantité suffisante pour alimenter les vignes et les oliviers, comme les pommes de terre, les tomates, les chênes et les pins. Dans ces conditions, pour peu qu'il existe à

(1) Calcaires impurs donnant, par décomposition, des argiles jaunes ou rouges mélangées de sable et de carbonate calcique. (Voir les analyses faites à ma demande à l'Institut de Gembloux et au laboratoire de Gand.)

la surface une légère couche d'humus ou de fumier, le phosphate tribasique se transforme sous l'action de l'acide carbonique et donne, par double décomposition, des phosphates de fer et d'alumine, identiques à ceux des meilleures terres arables.

C'est en me basant sur ces données chimiques, géologiques et minéralogiques que j'ai orienté jusqu'ici mes recherches pour arriver à déterminer, aussi rigoureusement que possible, l'influence respective des divers sols ou terroirs sur la qualité des vins.

Nos lecteurs n'ignorent pas que les opinions sont encore divisées sur ce point capital, bien des producteurs attachant une plus grande importance à l'exposition et à l'influence des espèces ou variétés de vignes cultivées pour la production du vin, qu'à la nature et à l'origine du sol. En tous cas, la greffe des vignes françaises sur des pieds de vignes américaines pour triompher du phylloxéra ne semble pas avoir altéré sensiblement la qualité des divers vins de France.

D'autre part, on a vainement essayé, en Amérique, notamment en Californie, sous des climats analogues à ceux de la côté d'Or, d'obtenir des vins de Bourgogne avec des vignes provenant des meilleurs clos.

Les vignes récemment mises en expérience au Bellet proviennent du château Yquem et donnent des produits très différents suivant la nature des sols, à la même exposition, avec les mêmes engrais. Dès que l'engrais est trop riche, la qualité du raisin s'altère au profit de la quantité. La présence du fer, sous forme d'oxyde rouge, qui s'observe surtout dans le département du Var et les vignobles des vallées du nord de la chaîne des Maures situés dans le terrain permien (schiste et grès rouge et vert) donne un vin plus âcre dont la saveur styptique est caractéristique. On ne semble guère avoir réussi à préciser, jusqu'à présent, le rôle que jouent les différents éléments dans leurs combinaisons diverses, tant au point de vue de la saveur que du rendement des récoltes. La preuve que le fer joue un grand rôle dans la végétation de la vigne, c'est l'influence si bienfaisante qu'il exerce, dans le Midi, sous forme de sulfate, pour combattre la chlorose végétale et détruire les germes des parasites. Le rôle du manganèse semble également bien établi aujourd'hui, surtout au point de vue de la production des ferments de la sève. Aussi dans les dernières expositions agricoles du Midi, comme celle d'Antibes (avril), vit-on figurer plusieurs engrais nouveaux à base de *manganèse* et de *magnésie* qui joue

aussi un rôle très important dans l'élaboration de la sève (voir notre dernier article, juillet 1911). — En 1906, au Congrès international de *chimie appliquée* de Rome, nous avons particulièrement insisté sur le rôle de ces deux engrais, ainsi que d'autres sels métalliques qui n'entrent guère jusqu'ici dans la composition des engrais, comme les sels d'*uranium*. Depuis lors, M. le professeur Stocklasa, directeur de la station agronomique de Prague, *qui assistait au Congrès*, a signalé les résultats surprenants qu'il a obtenus dans les champs d'expériences par l'emploi de ces sels ainsi que des sels de plomb, notamment dans la culture de l'orge.

En repassant par le plateau central de France et le massif du Morvan, si caractéristique par son granite porphyroïde blanchâtre et si riche en feldspath potassique, nous avons constaté les magnifiques résultats obtenus dans ces terres arides par l'introduction des phosphates de scories du Creusot.

Les Italiens obtiennent d'ailleurs, depuis plusieurs années, des résultats analogues, surtout dans la Vénétie et dans la Lombardie sur les versants des Apennins, en opérant les mêmes mélanges. Parfois la nature se charge elle-même de l'opération, comme on peut le voir à l'embouchure de l'Argens près de Saint-Raphaël où les apports de la rivière chargée d'alluvions de l'amont se mélangent intimement avec les produits de la désagrégation des roches cristallines de la chaîne des Maures et de l'Estérel.

Il y a là, de l'avis de tous les agronomes et professeurs que j'ai consultés en Italie, comme en France, une série de recherches à poursuivre qui amèneront nécessairement avant peu des découvertes fécondes pour *toutes nos cultures, sous les divers climats;* aussi, est-il éminemment désirable de voir nos Stations agronomiques s'intéresser tout particulièrement à ces recherches et multiplier les analyses de terre prélevées avec soin pour atteindre le but proposé. C'est pourquoi nous n'avons cessé de préconiser et d'encourager au Ministère de l'agriculture ces études spéciales, en proposant notamment à M. le Ministre la création d'une Commission permanente pour l'*étude des sols et des climats de Belgique*.

Dans la première quinzaine d'avril s'est tenu à Nice le Congrès des *Syndicats agricoles du sud-est de la France,* qui ont contribué pour une large part aux progrès de l'*agriculture* de cette région et *à la répression de la fraude dans la fabrication des vins*.

Nous avons adressé à ce sujet en 1906 aux ministres de l'Agri-

culture et des Finances de Belgique, un rapport très documenté, rédigé à notre demande par feu M. Bousquet, chimiste expert du tribunal de Nice, ancien directeur du laboratoire municipal.

M. Bousquet préconisait l'abaissement des tarifs douaniers en vue d'introduire en Belgique les vins français à bon marché, conformément aux vœux émis par M. le ministre comte de Smet de Naeyer. A cet effet le rapporteur proposait d'appliquer des procédés sommaires d'analyse avec le concours des syndicats *fédérés* des deux pays. Cette idée a été reprise cette année par M. Bernard d'Attanoux, ancien bâtonnier de l'ordre des avocats de Nice, membre de la *Société des agriculteurs de France,* au Congrès des syndicats du Midi, auquel nous avons assisté et où nous avons eu la bonne fortune d'entendre les éloquents plaidoyers de M. le Comte de Clermont-Tonnerre et de Madame la Comtesse de Kerenflech, présidente de la section féminine de l'*Action sociale de Paris* (1).

M. de Clermont-Tonnerre a montré d'abord que ce sont surtout les *agriculteurs* qui ont profité de la nouvelle législation française et en ont fait comprendre toute la portée économique aux législateurs. Madame de Kerenflech a signalé ensuite les progrès de l'enseignement professionnel agricole des jeunes filles en Bretagne et dans divers autres départements, en rendant hommage à l'initiative du Gouvernement belge qui a su donner à cet enseignement un essor si remarquable en favorisant aussi la création des *Cercles de fermières*, à l'instar des États-Unis d'Amérique.

Dans une lettre que nous avons transmise à M. Helleputte, ministre de l'agriculture, M. Bernard Attanoux rend à notre gouvernement le même hommage en insistant sur les avantages qui résulteraient pour les deux pays d'une entente bien suivie entre les syndicats agricoles et horticoles ; il ajoute qu'à son avis, nos ouvriers agricoles intelligents trouveraient un établissement avantageux sur plusieurs points de la *Riviera*. Cet avis confirme absolument les vues que nous avons émises dans notre dernier article de la Revue : La fertilisation des *rochers, des garigues et des marais en Provence et en Italie* (juillet 1911).

A. Proost.

(1) M. le Comte de Clermont-Tonnerre a donné depuis à Bruxelles, au mois de mai, à la *Société d'Émulation*, une remarquable conférence sur le même sujet dont la presse a rendu compte (Patriote).

II

LES ÉCRITS CHINOIS DE VERBIEST

—

Cet article n'a aucune prétention à l'originalité. Dans l'épilogue de ma notice sur *Ferdinand Verbiest, Directeur de l'Observatoire de Péking* (1), je disais : « Il est impossible d'écrire déjà une vraie vie de Verbiest, il faudrait être un spécialiste dans des branches par trop diverses. Verbiest a beaucoup publié, mais presque toujours en chinois. La Bibliothèque Nationale de Paris possède ses principaux ouvrages. Jamais sinologue n'en a donné la traduction ni même l'analyse. C'est là le desideratum le plus urgent, mais non pas le seul ».

Cette analyse des ouvrages chinois du missionnaire belge vient de tenter un sinologue de talent, le P. Louis Van Hée, belge et flamand comme Verbiest, comme lui aussi, pendant de longues années, missionnaire de la Compagnie de Jésus en Chine (2). C'est un compte rendu un peu délaillé du travail du P. Van Hée qui fera, à proprement parler, l'objet de cet article ; j'y ajouterai quelques réflexions, car les érudites recherches du P. Van Hée me permettent de préciser plusieurs points restés obscurs ou douteux dans ma notice (3).

(1) Revue des Questions scientifiques, t. 71, Bruxelles 1912 ; pp. 195-273 et 375-464.

(2) *Ferdinand Verbiest. Écrits chinois* par Louis Van Hée, S. J. Extrait des Mélanges publiés par la Société d'Émulation de Bruges. N° VII, Bruges 1913.

(3) Cet article était déjà sous presse quand j'ai reçu l'*Histoire des Mathématiques en Chine et au Japon*, par M. Mikami (*The development of Mathematics in China and Japon*, by Yoso Mikami, Leipzig, Teubner, 1912). L'auteur y consacre une page élogieuse à Verbiest (p. 116), mais ne semble pas l'avoir étudié dans ses écrits chinois originaux. Il n'y a donc pas à nous y arrêter ici.

Je signalerai aussi à l'attention du lecteur un ouvrage publié, en 1897, à Shanghai, rarissime, pour ne pas dire à peu près introuvable, dans les bibliothèques européennes : *Chinese Researches*, by Alexandre Wylie. L'exemplaire que j'ai sous les yeux appartient à M. Henri Cordier de l'Institut, qui a bien voulu le mettre obligeamment à ma disposition. M. Wylie a quelques pages fort intéressantes sur les instruments astronomiques de l'ancien Observatoire de Péking (3e partie, pp. 1-20 et 2 pl.) et sur l'action scientifique qu'y exercèrent les jésuites, etc. (id. pp. 190-193).

A propos de cette notice, une remarque doit être faite. Dans la transcription des noms propres chinois, à de rares exceptions près, j'ai conservé l'orthographe portugaise en usage dans les documents du XVIIe siècle que j'utilisais. Mon ignorance du chinois m'imposait cette règle. Le P. Van Hée, n'ayant pas la même raison, adopte naturellement la transcription française. L'identification des noms ne présente, dans la plupart des cas, aucune difficulté.

Les ouvrages chinois de Verbiest faisant presque complètement défaut dans les dépôts belges, le P. Van Hée a puisé ses renseignements à l'abondante source du Fonds chinois de la Bibliothèque Nationale de Paris. Son mémoire est divisé en huit chapitres, que nous parcourrons successivement.

I. Ouvrages scientifiques. — 1. *Description des Instruments et Appareils* (1). C'est l'ouvrage que j'intitule, dans ma notice : *La Théorie, L'Usage et La Composition des Instruments astronomiques et mécaniques*. Verbiest semble avoir eu un faible pour la *Description* et lui attribuer une particulière importance. C'est ainsi qu'en 1678, il crut pouvoir la présenter au pape Innocent XI, comme un volume précieux, capable de stimuler le zèle de ce pontife pour la mission de Chine. Longtemps après la mort du jésuite flamand, ses confrères de Péking continuèrent à regarder la *Description* comme un des plus beaux titres de gloire de leur observatoire.

Quand fut écrite la *Description ?* On lui a attribué des dates diverses. Verbiest lui-même nous fournit une raison plausible de ce désaccord. Commencé en 1668, publié partiellement dès cette date, l'ouvrage ne fut terminé qu'en 1674.

La *Description* comprend XVI fascicules ; les XIV premiers consacrés au texte, les deux derniers contenant les planches. Le titre est double. Le petit, composé de trois caractères, signifie : *Livre des instruments et appareils ;* ce que Verbiest traduit par : *Liber organicus*. Le grand, composé de sept caractères, signifie :

(1) La Bibliothèque Nationale de Paris possède l'ouvrage complet disséminé sous des cotes diverses. Le texte se trouve au N. F. C. (Nouveau Fonds Chinois) n°s 2108, 3008 et 2927 ; les planches au N. F. C. n° 4926.

Ces cotes ainsi que toutes les autres du N. F. C. sont empruntées au mémoire du P. Van Hée.

Le fascicule de planches est mal relié et les planches y sont en désordre. Le P. Van Hée indique comment elles doivent être disposées.

Les renseignements précisent ceux de la note 1 de la page 377 de ma notice.

Description des instruments nouvellement construits à l'Observatoire impérial. La Bibliothèque Nationale possède l'ouvrage entier ; l'Observatoire Royal d'Uccle en a les planches. Ce dernier recueil est précédé d'un titre autographe de Verbiest reproduit à Péking par le procédé xylographique : *Astronomia Europaea sub Imperatore Tartaro Sinico Cam-Hy appellato ex umbra in lucem revocata a P. Ferdinando Verbiest Flandro Belga Brugensi e Societate Jesu Academiae Astronomicae in Regio Pekinensi praefecto Anno salutis MDCLXVIII.* C'est sur l'exemplaire d'Uccle que nous avons fait photographier la vue générale de l'Observatoire de Péking et les diverses planches d'instruments données dans notre notice. Le P. Van Hée reproduit un fac-similé du titre. Il est surtout intéressant comme spécimen de l'écriture de Verbiest, j'allais dire de sa calligraphie, car les autographes de l'auteur sont loin d'être toujours d'une main aussi belle. Ils sont néanmoins fort caractéristiques et se reconnaissent au premier coup d'œil.

Le P. Van Hée rattache à la *Description des instruments et appareils,* le *Compendium latinum proponens XII posteriores Figuras Libri Observationum, necnon priores VIII Figuras Libri Organici ;* mince brochure de format in-folio, dont la Bibliothèque Nationale de Paris (X. F. C. n° 4926, 4927 et 4928), la Bibliothèque Royale de Belgique (V. H. 31075) et la Bibliothèque de la Ville d'Anvers (n° 4978) possèdent des exemplaires. Comme le titre l'indique, le *Compendium* résume ou plutôt traduit en latin des extraits de deux ouvrages : la *Description des instruments et appareils* et le traité des *Observations Astronomiques.* Le P. Van Hée décrit ce dernier au chapitre III (n° 5) ; nous y reviendrons. Le *Compendium* est un autographe de Verbiest imprimé à Péking par le procédé xylographique. Il a été réédité, moins les planches, par Couplet, au chapitre XII (pp. 49-57) de l'*Astronomia Europaea sub Imperatore Tartaro Sinico Cam-Hy appellato ex umbra in lucem revocata... a R. P. Verbiest Flandro-Belga e Societate Jesu... Dilingae, typis et sumptibus Joannis Caspari Blancard., Bibliopolae Academici per Joannem Federle. Anno M.DC.LXXXVII.*

On remarquera l'analogie de ce titre avec celui qui est en tête du recueil de planches de l'Observatoire d'Uccle. Ce dernier a donné lieu à plusieurs confusions bibliographiques, qu'il serait aisé d'éviter désormais en indiquant une bonne fois leur cause. L'impression xylographique chinoise a de l'analogie avec notre procédé autographique. Dans les deux cas, le texte à imprimer

s'écrit sur papier ; mais, au lieu d'obtenir par détrempe sur pierre l'épreuve renversée, destinée à l'impression, le papier chinois, très transparent, se colle du côté de l'écriture sur une planchette de bois bien plane, où il laisse les plus fins traits d'encre parfaitement visibles. Un artiste découpe ensuite dans le bois, avec beaucoup d'adresse, les caractères en relief. La planche ainsi préparée se conserve pour servir au fur et à mesure des besoins. Ceci dit, Verbiest n'a pas fait, de sa planche titre, un usage toujours le même. Si on le trouve en tête de certains recueils des planches de la *Description des instruments et appareils*, on le rencontre aussi ailleurs, dans le *Compendium*, par exemple ; ce qui a même fait désigner assez improprement le *Compendium* sous le titre d'*Astronomia Europeaa*, édition de Péking 1668 (1).

Aux renseignements sur le *Compendium* fournis par le P. Van Hée, j'en puis ajouter un nouveau, fort imprévu. L'ouvrage fut écrit en 1676, pour être offert au tsar Alexis Michaïlovich. Cela résulte d'une lettre de Verbiest envoyée au tsar, lors du départ de Péking de la célèbre mission diplomatique russe confiée à Nicolas Spathar Milescu (2). Cette lettre, dont une traduction russe existe encore aux Archives principales du Ministère des Affaires étrangères à Moscou, a été publiée, en 1900, par M. Jules Arséniev (3). Verbiest y nomme explicitement Spathar. « C'est aux bons soins de Spathar, écrit-il au tsar, qu'il remet sa missive. » Ceci me permet de préciser deux points importants

(1) Soit dit une fois pour toutes, la bibliographie des œuvres de Verbiest donnée dans la *Bibliothèque de la Compagnie de Jésus*, par les PP. De Backer et Sommervogel, t. VIII, Bruxelles, 1898, est des plus incorrectes. Les n°s 6-8 notamment ont donné lieu à plus d'une difficulté. Ce qui précède permet de les corriger.

(2) Je connais, sur ce personnage singulier, une très intéressante étude biographique et bibliographique, écrite en français par Émile Picot, *Nicolas Spathar Milescu, ambassadeur du tsar Alexis Michaïlovitch*, MÉLANGES ORIENTAUX. Textes et traductions publiés par les professeurs de l'École des langues orientales vivantes, à l'occasion du sixième congrès international des orientalistes réuni à Leyde. Paris, Ernest Leroux, 1883.

(3) *Nouvelles données sur le service en Russie de Nicolas Spathar Milescu*, Moscou, 1900 (en russe). Doc. n° 6, pp. 45-48.

M. Arséniev donne, pour la pièce, la cote : *Livre de la cour de Chine*, n° 3, 7183, 1675, février 18, ff° 453-458.

La date du 18 février 1675 est due probablement à une erreur de classement. Spathar arriva à Péking le 15/25 mai 1676 et en partit le 1/11 septembre de la même année. La lettre de Verbiest doit donc être des premiers jours de septembre (nouveau style) 1676.

restés indécis dans ma notice. Spathar est l'ambassadeur russe mentionné par Verbiest, dans sa lettre à Innocent XI, écrite le 15 août 1678. Nicolas Spathar est aussi le même personnage que Nicolas Horace Gareus, dont le P. Georges David raconte une entrevue, dans sa lettre à Thyrse Gonzales, datée de Moscou du 30 mars 1689, publiée à la fin de ma notice (1).

2. *Astronomie perpétuelle de Kang-Hi.* Immenses tables numériques formant 32 fascicules. 1. Mouvement de la Lune. 2. Éclipses. 3. Saturne. 4. Jupiter. 5. Mars. 6. Vénus. 7. Mercure. 8. Mouvement du Soleil. J'ai raconté, dans ma notice, en quelles circonstances l'empereur manifesta à Verbiest le désir d'avoir des tables du mouvement des planètes pour une durée de 2000 ans et l'empressement du missionnaire à donner suite au vœu du souverain. Je n'y reviens pas. C'est le résultat du travail de Verbiest que nous avons ici.

Quelle part en revient-il au juste à Verbiest? Dans son *Catalogue des livres chinois, coréens et japonais qui sont à la Bibliothèque Nationale* (2), M. Maurice Courant écrit : « Calendrier astronomique pour les années Kang-Hi, par les PP. Verbiest et Grimaldi (1669-1712) publié sous la direction de Yi-tha-la ». Il y a là plusieurs affirmations qui demandent à être précisées, pour ne pas dire rectifiées. Un examen attentif de l'ouvrage fournit toutes les indications nécessaires.

« D'après les usages chinois, dit le P. Van Hée, l'auteur principal, Verbiest, avec ses titres bien alignés et sa part active dans la composition du livre bien indiquée, se trouve au milieu de deux collaborateurs, le mantchou I-ta-la à sa droite et l'italien Grimaldi à sa gauche.

» Le P. Grimaldi n'a ni titres, ni charges : Comprenant à fond les calculs du calendrier, l'européen *Min Men-gno* (le P. Philippe Grimaldi) a revisé l'ouvrage.

» Et comme l'importance des personnages est également reconnaissable à la hauteur que leur nom occupe dans le titre, on voit immédiatement... que le P. Grimaldi n'est pas auteur avec Verbiest. Celui-ci, par amabilité pour son collègue, a gracieusement fait ajouter son nom.

(1) Pour les rapports de Verbiest avec la Cour de Moscou, voir un récent ouvrage : *Histoire des relations de la Russie avec la Chine sous Pierre le Grand*, par Gaston Cahen. Paris, Alcan, 1912. Aux endroits indiqués au mot Verbiest, dans la table des matières.

(2) Paris, Ernest Leroux, 1910, t. II, pp. 61 et 62.

» Le mantchou I-ta-la était à ce moment directeur, ou mieux président de l'Observatoire impérial, et ses services lui avaient mérité un *degré additionnel* (1) dans la hiérarchie mandarinale. C'est sous sa haute direction — plutôt honorifique — que la publication s'est faite.

» Seul Verbiest, *par ordre impérial*, chargé des calculs pour régler les calendriers, honoré des titres de *T'ai tchang se K'ing* a donné les formules et les règles.

» Le sous-directeur et ses deux adjoints ont corrigé les épreuves ; les différents calculs ont été répartis entre les élèves astronomes dont les noms sont soigneusement indiqués, au début de chaque fascicule, d'après une estimable habitude des lettrés chinois, qui tiennent à faire exactement connaître la part prise par tous les collaborateurs, même les moindres.

» En résumé, Verbiest est l'auteur, Grimaldi n'est qu'un aide et I-ta-la le directeur honorifique. Le travail matériel des calculs et de la correction des épreuves revient aux fonctionnaires subalternes surveillés par les deux pères ».

Dure et ingrate besogne que cette surveillance ! Et il ne faudrait pas s'y tromper, ajoute le P. Van Hée, les deux pères durent s'y astreindre, « car de par sa nature le chinois se contente volontiers de l'à-peu-près proverbial ».

Dans son *Astronomia Europæa*, Verbiest parle d'une « règle aisée », qui lui servit à la construction de ses tables. En consignant cette affirmation dans ma notice, j'eus le regret de n'en pouvoir dire davantage. Le texte chinois de l'*Astronomie perpétuelle* est heureusement plus explicite que celui de l'*Astronomia* et le P. Van Hée nous donne, sur la règle de Verbiest, quelques détails curieux. L'auteur de la règle la qualifie à bon droit d' « aisée », en ce sens du moins qu'elle est purement empirique. Elle consiste essentiellement en ceci : prendre pour point de départ les positions connues ou calculées des planètes pour tous les jours d'une année donnée ; ceci n'offrait pas de difficulté, les tables de ce genre ne manquaient pas. Calculer les positions des planètes pour l'année suivante, en ajoutant à la position du même jour de l'année précédente des nombres constants, différents cependant pour les années ordinaires et les années bissextiles.

Les tables de Verbiest ont vieilli. Lui-même se faisait-il illusion

(1) Le P. Van Hée explique au ch. VII en quoi consistent ces *degrés additionnels*. Voir plus loin.

sur leur valeur ? Il était trop avisé pour ne pas savoir à quoi s'en tenir. En commandant ce travail à Verbiest, Kang-Hi avait au fond été guidé par une pensée politique : montrer à ses sujets la confiance qu'il avait dans la durée de sa dynastie. Verbiest avait trop de sagesse et de jugement pour ne pas satisfaire un désir, un caprice si l'on veut, d'un empereur dont dépendait sa position à l'Observatoire, et par le fait même le sort des autres missionnaires et de la religion en Chine (1).

3. *Publications périodiques.* Elles étaient la grosse besogne de l'Observatoire. Le P. Van Hée les classe en cinq catégories et donne sur chacune d'elles des renseignements intéressants.

A) *Calendrier populaire.* Par son immense diffusion, ce calendrier mérite vraiment, en Chine, le nom de populaire. Il donne par mois lunaires, jours et heures, les conjonctions, oppositions et quadratures du Soleil et de la Lune ; il indique aussi l'entrée du Soleil dans chacun des 24 signes du zodiaque chinois. Que d'encre ces calendriers populaires firent jadis couler ! C'est qu'à côté des renseignements astronomiques, ils renfermaient des données astrologiques, quelques-unes incontestablement superstitieuses. L'astrologie au XVIIe siècle ! Que de grands hommes y croyaient encore ! Faut-il rappeler Kepler ? Verbiest lui-même, qui écrivit tant contre les astrologues, avait-il déjà sur l'inanité de leur science nos idées actuelles ? Qu'on lise sa lettre du 18 avril 1668 à Adrien Grelon, par exemple (2). Peut-être hésitera-t-on à l'affirmer. Mais il n'importe. Ni Verbiest, ni les autres pères ne consentirent jamais à collaborer à la partie astrologique du calendrier, pour ce motif précisément que l'astrologie y côtoyait la superstition. On ne leur rendit pas justice. La confection du calendrier fut pour les pères une cause d'interminables difficultés, qui ne leur vinrent pas toujours du côté où ils auraient dû s'y attendre. Entre les jésuites et les empereurs, en effet, il s'établit assez vite un compromis, d'abord tacite, puis officiel. Les pères s'occuperaient de la partie astronomique du calendrier ; les fonctionnaires chinois feraient le reste. Mais cette solution, si naturelle, si sage, que les autorisations formelles des généraux de la Compagnie de Jésus et des papes

(1) L'exemplaire de la Bibliothèque Nationale se trouve en quatre fragments sous les cotes : N. F. C. n°s 2119, 2104, 2105 et 2949. Il y manque la préface et un fascicule.

(2) Inédite. En la possession de la Cie de Jésus. J'en ai cependant traduit un passage dans ma notice, p. 232, note 2.

finirent par faire triompher, souleva d'abord, tant en Europe qu'en Chine, de violentes protestations. Mémoires pour et contre, imprimés et inédits, rempliraient plusieurs rayons de bibliothèque. Nous y reviendrons tantôt (Ch. III).

B) *Éphémérides*. Elles donnaient pour chaque jour de l'année, les positions des planètes. Ces *Éphémérides,* nous apprend Verbiest dans l'*Astronomia Europaea*, étaient construites sur le modèle de celles d'Argoli. La Bibliothèque Royale de Belgique possède en deux volumes séparés (V. H. 8011 et 8428) un exemplaire de celles qui sont relatives à l'année 1686. L'un des volumes est en chinois, l'autre en mandchou. L'édition mandchoue est beaucoup plus soignée que l'édition chinoise ; on peut la regarder comme l'édition de la Cour.

C) *Calendrier météorologique*. L'année météorologique chinoise était divisée en huit parties de 45 jours, soit d'un mois et demi. Le *Calendrier météorologique* indiquait pour chacune d'elles les phénomènes naturels : température, pluies, orages, sécheresses, tempêtes, maladies, récoltes, etc.

Au commencement de 1668, avant même que Verbiest eut exécuté ses fameuses expériences, l'empereur lui commanda de composer le calendrier pour l'année suivante 1669. C'était le premier essai du Père en ce genre, essai singulièrement scabreux. Sa prudence le sauva. Dans ses conversations avec l'Empereur et les mandarins, il distinguait soigneusement ce qui était certain de ce qui ne l'était pas, et répétait notamment avec insistance que la prévision du temps était aléatoire. Quand j'écrivais ma notice, ces détails m'étaient inconnus ; ils sont empruntés par le P. Van Hée à quelques opuscules de controverse contre les devins et diseurs de bonne aventure, écrits en chinois par Verbiest.

D) *Le Livre des Conjonctions*. Publication destinée à l'empereur seul, et qui demeurait pour ce motif manuscrite. La Bibliothèque Nationale de Paris en possède un exemplaire (N. F. C. 4926). C'est un beau manuscrit in-folio avec couverture en soie bleue. Le titre chinois comprend 17 caractères. Verbiest lui-même le traduit comme suit :

« Liber conjunctionum lunae cum planetis et planetarum inter se, necnon conjunctionum lunae et planetarum cum stellis fixis toto anno Christi 1674 Imperatoris Came-Hy 13°, Auctore P. Ferdinando Verbiest Societatis Jesu Astronomiae in Regia Pekinensi Praefecto ».

Le manuscrit donne la liste des conjonctions de la Lune avec

les planètes pour l'année 1674, et celle de la Lune et des planètes avec les étoiles fixes pour la même année, 13e de Kang-Hi. Il comprend deux parties :

La première, qui a huit feuillets à neuf colonnes la page, renferme une liste complète de toutes les conjonctions pour l'année 1674, au nombre de 459. La seconde, qui a 41 feuillets, indique l'heure et les circonstances de ces phénomènes.

Le précieux manuscrit de la Bibliothèque Nationale a-t-il été offert à l'Empereur ? Le P. Van Hée ne le croit pas, car il renferme des corrections, ce qu'on n'eût pas osé se permettre sur l'exemplaire impérial.

E) *Éclipses*. Il me faut être en garde ici contre les redites, car dans ma notice j'ai parlé assez longuement des éclipses calculées par Verbiest. Une remarque cependant : en Appendice j'ai publié l'éclipse de Soleil du 29 avril 1669, et celle de Lune du 25 mars 1671, toutes deux d'après une version latine. Le P. Van Hée a cru, avec raison, intéressant de traduire directement le texte original.

4. *Explication du thermomètre*. La Bibliothèque Nationale de Paris possède deux éditions de ce traité, l'une signée par Verbiest seul (N. F. C. n° 3039), l'autre portant, outre le nom de Verbiest, celui de trois reviseurs chinois (N. F. C. n° 3040). Ce sont de petites brochures de cinq feuillets ou dix pages. Dans la première, la gravure se trouve en tête ; dans la deuxième, elle est rejetée à la fin. Verbiest fait allusion à son thermomètre dans sa lettre à Rougemont du 20 août 1670 publiée dans ma notice. Il nous apprend en outre, dans son traité, qu'il avait construit ce thermomètre de ses propres mains. C'était un tube en verre recourbé en forme d'U, fixé à une planchette. Une des branches du tube en U était terminée par une ampoule renfermant de l'air, l'autre était ouverte à l'air libre. L'air emprisonné dans l'ampoule se dilatant et se contractant sous l'influence de la chaleur et du froid, faisait monter ou descendre le liquide dans l'autre branche du tube. Des deux côtés du tube la planchette était munie d'une graduation. Verbiest indique de nombreux usages de cet appareil.

La vignette est reproduite à la figure 108 de la *Description des instruments et appareils*. C'est d'après l'exemplaire des planches de cet ouvrage possédé par l'Observatoire royal d'Uccle que nous la donnons (fig. 1).

Dans son *Catalogue des livres chinois, etc.*, qui sont à la

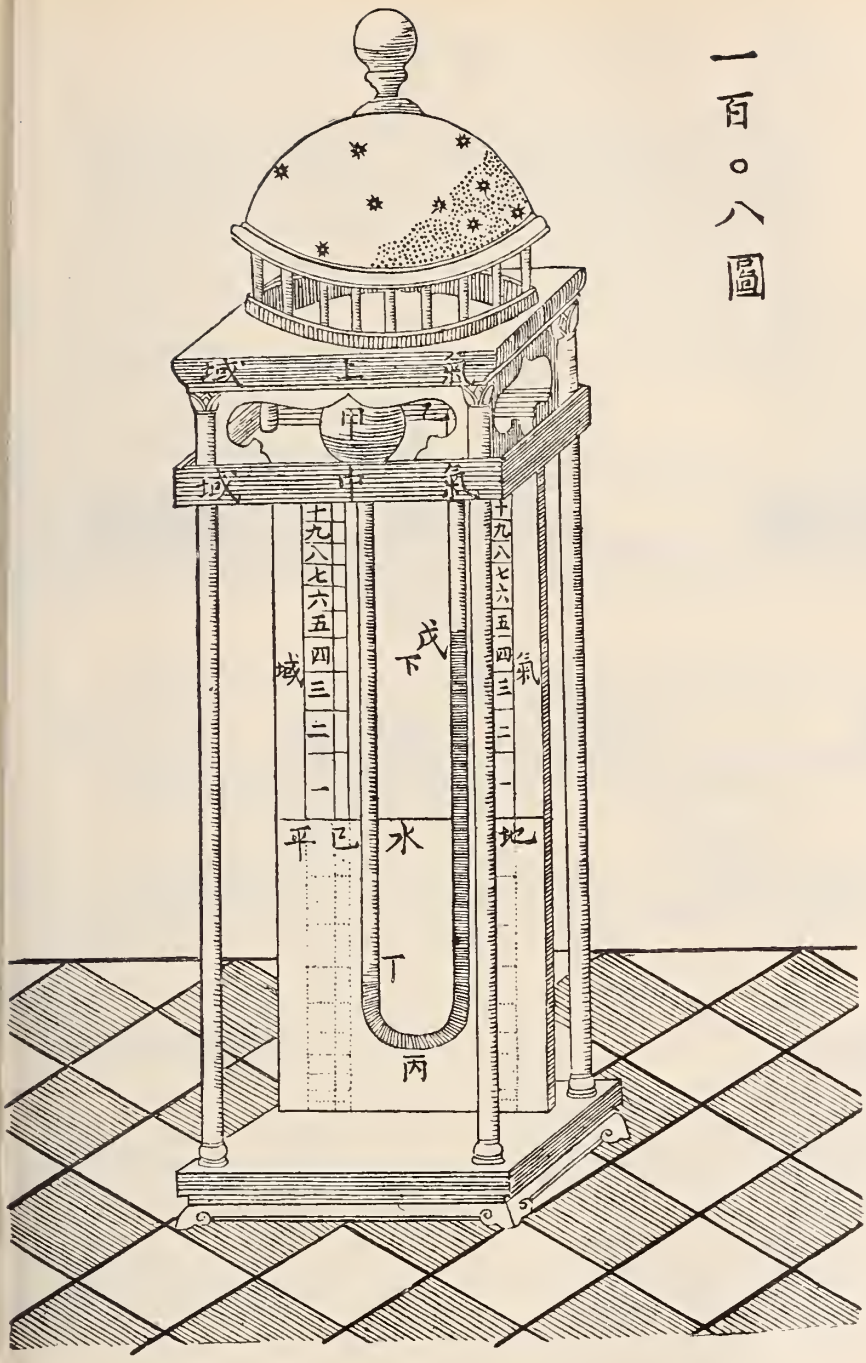


Fig. 1. — Le thermomètre de Verbiest. D'après une gravure du recueil des planches du *Traité de la description des instruments et appareils* (Fig. 108, *Astronomia Europaea*, 1668), conservé à la Bibliothèque de l'Observatoire Royal d'Uccle. C'est la même vignette que celle des brochures sur le *Thermomètre*.

Bibliothèque Nationale (1), M. Maurice Courant traduit le titre chinois de l'opuscule de Verbiest, par *Traité du Baromètre*. Il faut s'en tenir à la traduction du P. Van Hée : *Thermomètre*. L'appareil devait évidemment être des plus sensibles aux variations de la pression atmosphérique. Mais les applications, auxquelles Verbiest destine son instrument, prouvent que c'est bien un thermomètre et non pas un baromètre qu'il a prétendu construire.

5. *Traité de la fonte et du forage des canons*. Il fut présenté

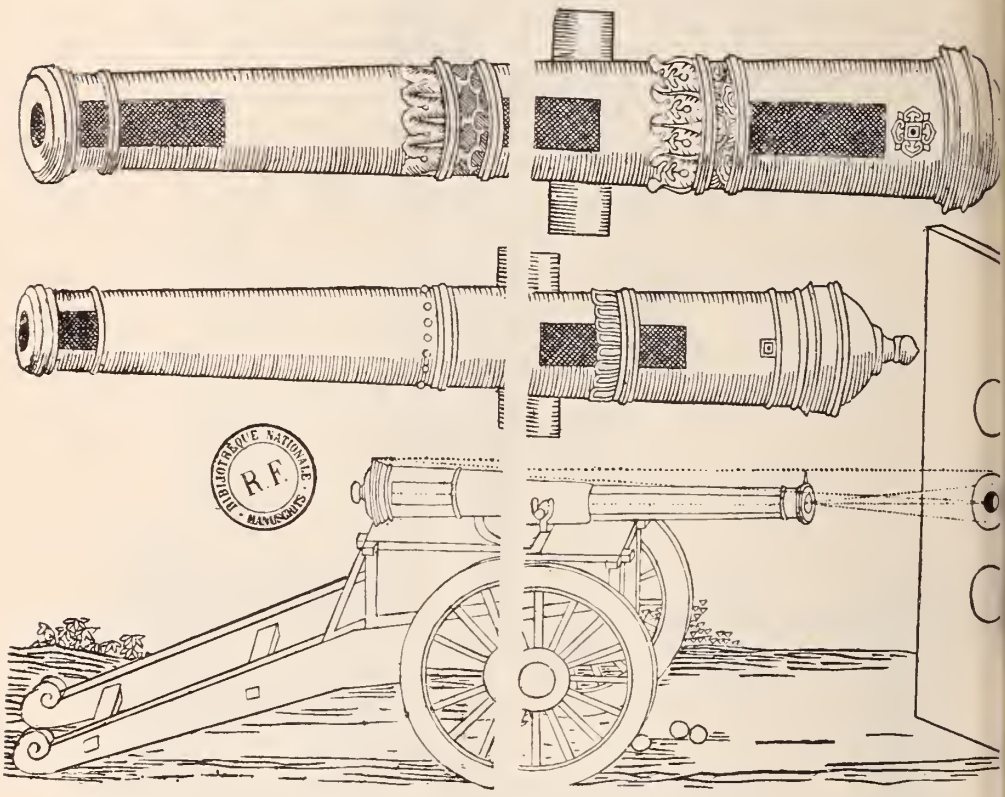


Fig. 2

Les canons de Verbiest. D'après une gravure extraite d'un Recueil factice de la Bibliothèque National de Paris, contenant les pièces officielles concernant les Européens données sous Kang-H (Sect. des Ms. N. F. C., n° 2908, vol. 1). Dans l'original la gravure est formée par deux planche séparées et imprimées sur deux pages différentes. Notre reproduction la réduit très fort.

(1) T. II, p. 192, nos 5662 et 6663.

à l'Empereur en 1682 ; il était divisé en 26 articles et contenait 44 figures (1). La Bibliothèque Nationale de Paris ne possède pas cet ouvrage. C'est dommage, car peu d'écrits de Verbiest ont eu en Chine pareille célébrité. Faut-il désespérer de le retrouver un

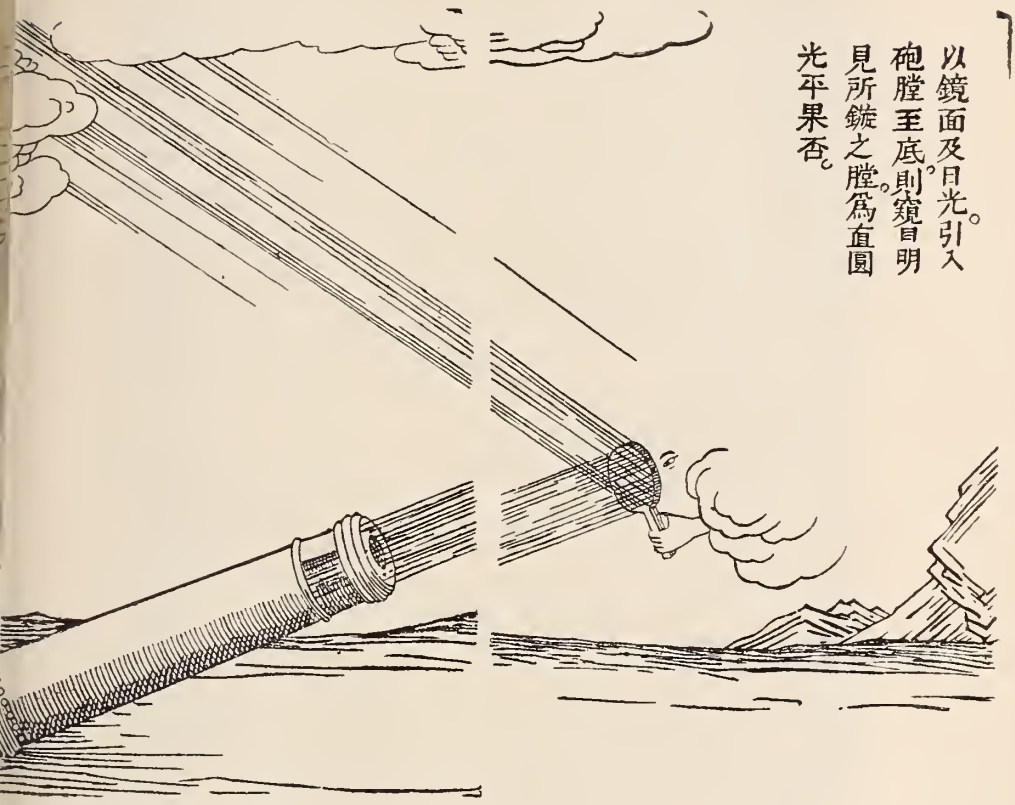


Fig. 3

eu de miroirs imaginé par Verbiest pour faire voir à l'Empereur le poli intérieur de l'âme des canons. L'inscription rappelle le fait, mais sans faire mention de l'Empereur (Paris, Bibl. Nat., Sect. des Ms., n° 2908). Gravure formée par deux planches et réduite dans la même proportion que la précédente. — On remarquera la position de l'œil derrière le miroir, qui fait songer à l'ophtalmoscope de nos médecins-oculistes. Aucun document positif ne me permet cependant d'affirmer que, comme dans l'ophtalmoscope, le miroir de Verbiest était percé d'un orifice central pour examiner l'objet éclairé.

(1) Nous puisons ce renseignement dans l'inscription du portrait de Verbiest, que nous publions plus loin (ch. VII).

jour? Le P. Van Hée ne le croit pas. Les missionnaires envoyaient volontiers en Europe des exemplaires de leurs curiosités sinologiques ; peut-être existe-t-il encore l'un ou l'autre exemplaire du *Traité des canons* ignoré dans quelque coin de bibliothèque. Les fonds chinois de nos dépôts publics sont souvent mal catalogués, et pour cause. Ensuite et surtout, un ouvrage aussi fameux doit, d'après les habitudes chinoises, avoir très vraisemblablement été réédité dans l'une ou l'autre des vastes collections des ouvrages les plus curieux, si nombreuses en Chine. C'est là qu'on aurait le plus de chance de le retrouver. En attendant, le P. Van Hée a rencontré à la Bibliothèque nationale quelques planches isolées, dans un recueil étranger (N. F. C. n° 2908). Grâce à ses obligeantes indications, nous avons pu les faire photographier (fig. 2 et 3). L'une d'elles montre le jeu de miroirs par lequel Verbiest éclaira l'âme des canons, pour en faire admirer à Kang-Hi le poli intérieur (1). Chacune de ces planches, imprimée sur deux pages en regard, est coupée en deux, sans façon, suivant un usage qui n'est pas rare dans les ouvrages à gravures chinois.

II. Géographie et cartographie. — En consacrant une partie de son temps à des travaux relatifs à la géographie et à la cartographie, Verbiest s'inspirait de l'exemple de l'illustre fondateur de la mission de Chine, Mathieu Ricci. Avant l'arrivée des jésuites, les Chinois considéraient la Chine comme le centre du monde qu'elle occupait, à elle seule, à peu près tout entier. Sans rien brusquer, en maintenant toujours dans les mappemondes la Chine au centre de l'univers, les jésuites cherchèrent néanmoins à donner peu à peu aux peuples de l'Empire du Milieu une idée plus exacte de leur situation géographique et de l'importance relative de leur territoire. Verbiest imita en cela ses prédécesseurs. On a de lui les ouvrages suivants :

1. *Mémoire sur l'Occident, présenté à l'Empereur* (2). Ce mémoire, daté de 1669, fut composé par les trois pères qui étaient alors à Péking, Verbiest, Buglio et Magalhaens. Ils venaient d'être rappelés à l'Observatoire et étaient l'objet de toutes les attentions du jeune empereur Kang-Hi, âgé seulement de 14 ans. C'est pour satisfaire sa curiosité éveillée

(1) Le texte chinois gravé en haut vers la droite le dit expressément, sans toutefois faire allusion à l'Empereur.

(2) La Bibliothèque Nationale en a quatre exemplaires : N. F. C. 3385, 3386, 3387 et 3388.

sur les royaumes et les choses de l'Europe que les pères écrivirent ce mémoire. Greslon en parle dans ses lettres annuelles pour 1669 (1) et ne dissimule pas le but apologétique poursuivi par les pères. « Dans cette relation, dit-il, ils insérèrent deux points de grande importance : Le premier quelle loy ou relligion on suivait en Europe. Le second quels estoient les prédicateurs de cette loy ».

2. *Notions de Géographie et de Sciences naturelles* (2). Le titre porte la date de 1674 ; la préface celle de 1676. L'ouvrage est divisé en deux parties. La partie géographique a six chapitres : 1. Explication de la carte du monde ; 2. Asie ; 3. Europe ; 4. Lybie (Afrique) ; 5. Amérique ; 6. Magellanie (Océanie). C'est le monde connu à cette époque. La partie scientifique a onze chapitres : 1. Les quatre éléments et leur ordre ; 2. De l'air ; 3. Pôles de la Terre et du Ciel ; 4. La Terre est ronde ; 5. Mouvement de la Terre ; 6. De l'homme ; 7. Montagnes ; 8. Fleuves ; 9. Marées ; 10. Vents ; 11. Pluies, nuages.

Dans ses *Notions de Géographie et de Sciences naturelles,* dit le P. Van Hée, Verbiest se montre parfaitement au courant de la science de son temps ; mais il ne faut rien exagérer, il ne la devance pas.

3. *Géographie du monde avec cartes.*

4. *Géographie nouvelle.*

Ce sont deux petits opuscules sans aucune prétention scientifique, dont le P. Van Hée dit peu de chose. Je ne m'y arrête pas.

5. *Mappemonde.* Il existe plusieurs éditions de la célèbre Mappemonde de Verbiest. La plus grande, imprimée sur beau papier blanc, est divisée en 8 feuilles de $0^{m},65$ sur $1^{m},60$. Elles peuvent être réunies en un volume ou montées sur toile pour former un tout. La Bibliothèque Nationale de Paris en possède plusieurs exemplaires (N. F. C. n°s 2212, 4385 etc.). Une réédition de la précédente n'a que $0^{m},60$ sur $0^{m},80$ (N. F. C. n° 2212).

Le P. Van Hée n'a pas cru devoir nous donner une nouvelle étude approfondie de la Mappemonde de Verbiest ; il se contente

(1) *Documents relatifs à Ferdinand Verbiest. Lettres annuelles de la vice-province de la Compagnie de Jésus en Chine, année 1669,* par Adrien Grelon, publiées par H. Bosmans S. J., ANNALES DE LA SOCIÉTÉ D'ÉMULATION DE BRUGES, t. 62, Bruges, 1912, p. 42.

(2) La Bibliothèque Nationale de Paris en possède un exemplaire, N. F. C. 2993. C'est un volume composé de 23 feuillets, en tout 46 pages simples.

de renvoyer aux travaux fort connus de Bayer (1) et de Lorentz (2), auxquels il ajoute cependant quelques observations intéressantes.

Une remarque pour le lecteur belge. L'Université de Gand possède une carte très connue, qui a figuré dans plusieurs expositions, mais faussement attribuée à Verbiest. Elle est du P. François Sambiaso, jésuite napolitain, qui naquit en 1582, entra dans la Compagnie en 1602, parvint en Chine en 1613, et y mourut en 1649. Ses cendres reposent à Macao.

6. *Cartes du Ciel.* La principale difficulté à vaincre était d'identifier les noms européens des étoiles et des constellations avec les désignations chinoises. Verbiest y a fort bien réussi. « L'Observatoire de Zikawei, près de Changhai, dit le P. Van Hée, s'est inspiré de son travail pour publier en 24 planches l'aspect du ciel en Chine, pendant les douze mois de l'année, en partie double : ici avec les appellations occidentales, là avec les noms chinois ».

III. Controverses. — Les controverses tendent toutes, soit à défendre les méthodes de l'astronomie européenne, contre les procédés fautifs des Chinois, soit à réfuter les superstitions astrologiques et indirectement ainsi à protéger la religion.

1. *Explications sur les observations ajoutées au calendrier populaire* (Bibl. Nat. N. F. C. n°s 3036 et 3037). Nous y avons déjà fait allusion ci-dessus (ch. I, n° 3, A) à propos des *Calendriers populaires* eux-mêmes. La première édition de ces *Explications* est, à proprement parler, du P. Schall ; Verbiest y figure comme collaborateur ou, plus exactement, comme reviseur et correcteur. Ce mémoire date de la première année de Kang-Hi, c'est-à-dire de 1662 (3). De tous les écrits chinois de Verbiest, c'est celui dont pour le moment je regrette le plus de ne pas avoir la traduction. Je possède, en effet, la photographie du grand mémoire adressé

(1) T. S. Bayer, *De Ferdinandi Verbiest, S. J., scriptis, praecipue vero de ejus globo terrestri Sinico...* Miscellanea Barolinensia, t. 6, Berlin, 1740, pp. 180-192.

(2) Lorentz, *Die Chinesische Weltkart Ferdinand Verbiest, von 1674.* Globus, t. 87, Brunswick, 1905, pp. 157-159.

(3) L'Empereur Xun-Chi mourut en 1661 et, suivant l'usage, l'année continua à porter son nom ; 1662 est donc la première de son successeur Kang-Hi.

Pour tout ce qui concerne la concordance de la chronologie chinoise avec les dates de l'ère chrétienne, voir *Synchronisme chinois. Chronologie complète et concordance avec l'ère chrétienne de toutes les dates concernant l'histoire de l'Extrême-Orient*, par le P. Mathias Tchang, S. J., Variétés sinologiques, n° 24. Chang-Hai, Imprimerie de la Mission catholique, 1905.

en 1661, donc à peu près à la même date, par le missionnaire flamand au général Goswin Nickel, pour lui démontrer combien il importait au progrès de la religion d'autoriser le P. Schall à conserver la présidence du Tribunal des Mathématiques. Ce mémoire du P. Verbiest, écrivait Schall lui-même au P. Nickel, résumait excellemment tout ce qui se pouvait écrire sur la question (1). Les difficultés soulevées par la partie astrologique du *Calendrier populaire* et la manière de les résoudre y sont exposées. Qui ne voit combien il serait intéressant de pouvoir joindre, en tout ou en partie, au mémoire de Verbiest les *Explications* comme pièce justificative ?

La deuxième édition date de 1687. Verbiest était alors au déclin de sa carrière. Pour être complet dans le sujet, rappelons que six ans auparavant, en 1681, à la demande du P. Gabiani, alors vice-provincial de Chine, Verbiest avait écrit un mémoire analogue à celui de 1661, mais pour justifier cette fois, contre les attaques du dominicain Navarrete (2), sa propre présidence de l'Observatoire de Péking. Comme le mémoire de 1661, celui de 1681 est inédit.

2. *Refutation des astrologues* (Bibl. Nat. N. F. C. nos 3360, 3361, 3363 et 3364). Traduit mot à mot du chinois, le titre est un peu plus long : *Réfutation de ceux qui faussement calculent ce qui donne bonheur et malheur*. Dans ses lettres annuelles de 1669, dit le P. Van Hée, Grelon fait allusion à cet opuscule (3). L'Empereur voulait faire rebâtir une salle de son palais. Il s'adressa donc, suivant l'usage, au Tribunal des Mathématiques, pour lui demander de déterminer un jour favorable au commencement des travaux. Verbiest ayant probablement prévu la question, avait, dit Grelon, discuté à fond, avec Buglio et Magalhaens, la suite à y donner. « Le P. donna par escrit une responce... savoir est : Qu'il ne s'occupait qu'aux choses d'astronomie et que pour ce qui est des jours propres à travailler à l'agriculture, ou à prendre médecine, ou à autres choses sem-

(1) Datée de Péking, le 25 mars 1661. C'est la pièce n° V de mes *Documents sur Albert Dorville de Bruxelles* publiés dans les ANALECTES POUR SERVIR A L'HISTOIRE ECCLÉSIASTIQUE DE LA BELGIQUE, t. XXXVII, Louvain, 1911 ; pp. 490-494.

(2) Dans ses *Tratados historicos, politicos, ethicos y religiosos de la monarchia de China*... Anno 1676. En Madrid : En la Imprenta real. Por Iuan Garcia Infancon... Je me propose de donner en note l'indication des passages, quand je publierai le mémoire de Verbiest. Le faire ici entrainerait loin et serait sans vraie utilité.

(3) Pp. 28 et 29. Voir Van Hée, p. 39, note 1.

blables qui ont quelque dépendance des influences du ciel et des astres, il en avoit quelque cognoissance. Mais, pour ce qui concernoit les jours qu'ils appeloient heureux ou malheureux, il n'y voyoit nul fondement, ny aucune dépendance des astres, et que partant il ne pouvoit rien déterminer seur ce point-là ».

La présente *Réfutation* est-elle le texte même de la réponse écrite remise par Verbiest à l'Empereur, dont parle Grelon ? D'après l'analyse fort détaillée du P. Van Hée, il ne semble pas. C'est un écrit destiné au public. La demande de l'Empereur et la réponse en furent l'occasion, mais une occasion que l'auteur saisit avec empressement.

La *Réfutation* est un opuscule de 21 feuillets. Elle se divise en 10 articles, précédés de remarques générales et confirmés par trois preuves tirées des usages officiels.

Les remarques générales sont relatives aux circonstances dans lesquelles Verbiest écrit. J'ai raconté dans ma notice comment de la 4e à la 7e année de Kang-Hi (1665-1668), le calendrier chinois était tombé dans un complet désordre ; par quelle série d'expériences retentissantes Verbiest avait confondu l'ignorance de ses adversaires et rendu évidente la supériorité de l'astronomie européenne sur l'astronomie chinoise. Battus sur le terrain scientifique, les astronomes chinois avaient changé de tactique. La religion des Européens est fausse, disaient-ils, donc leur astronomie ne vaut rien. « Joli raisonnement, réplique Verbiest. Il revient à dire : ta calligraphie, mon ami, ne vaut rien ; donc ton style est affreux ». Calligraphie et style formaient le fond des humanités chinoises sous l'ancien régime. L'argument était ad hominem.

Voici par ordre le sujet des dix articles : 1. Fausseté de l'astrologie et de la géomancie. 2. Absurdité de l'emploi de certains caractères pour tirer des horoscopes. 3. Les astrologues prétendent fixer le jour, voire l'heure exacte favorable à la préparation des tombeaux et autres entreprises analogues. Ils emploient pour cela un calendrier plein d'erreurs s'élevant parfois à plusieurs jours. Est-ce raisonnable ? 4. Honneurs et charges ne dépendent pas des astrologues. 5. Les pratiques astrologiques nuisent à l'individu et à l'État. 6. Les livres de fond relatifs à l'astrologie contiennent, sur le mérite et le démérite, des principes qui sont leur propre condamnation. Celui-ci par exemple : « Seule la vertu mérite la félicité ; seul le vice attire le malheur ». 7. Inanité de la divination par la configuration des sites. 8. Les devins se contredisent. Or la vérité est une. Leurs

divergences prouvent l'inanité de leur système. 9. Les astrologues sont incapables de calculer une éclipse et ils se targuent de prédire l'avenir ! 10. Les folles observances de la divination tendent au renversement de la saine morale.

3. *Réfutation de l'astrologie mensongère* (Bibl. Nat. N. F. C. 3360). Il s'agit de réfuter les astrologues et leurs *présages*. On pourrait donc traduire : *Réfutation des présages mensongers*.

Après avoir déterminé clairement les principes scientifiques de l'astronomie, Verbiest s'élève contre l'incapacité de ses adversaires, puis les réfute à fond, en montrant qu'il n'existe aucune relation de cause à effet entre les phénomènes célestes et les présages qu'on voudrait arbitrairement en tirer.

Raisonnement analogue pour les caractères cycliques et autres combinaisons de signes employées en Chine. Ces caractères sont des inventions antiques, ils ne peuvent avoir la moindre influence, ni sur la pluie ou le beau temps, ni, a fortiori, sur les actions libres de l'homme.

Le raisonnement est confirmé par une espèce d'argument ad hominem. Les astrologues tels que Yang (Yam Quam Siem) sont incapables de calculer correctement une éclipse ; ce qui est parfaitement possible. Les vrais savants ne sauraient prédire l'état du ciel ; c'est impossible, malgré les lois physiques qui le régissent. A fortiori est-il impossible de prédire l'avenir !

4. *Réfutation de Yang Koang-Sien* (Bibl. Nat. N. F. C. 3066, 3067, 3068, 3069 et 3070). Yang Koang-Sien, inutile de le dire, n'est autre que le fameux Yam Quam-Siem « l'adversaire », comme les pères affectaient de le nommer, sans y ajouter d'autre qualificatif. Comment il provoqua le procès du P. Schall ; comment, après avoir arraché aux régents du royaume la condamnation du vénérable vieillard paralysé et incapable de se défendre, il lui avait succédé à la tête de l'Observatoire ; comment le calendrier chinois confié à ses soins était, sous la minorité de Kang-Hi, tombé dans un complet désordre ; comment dans une série d'expériences retentissantes Verbiest avait confondu son orgueil et son ignorance ; tout cela a été raconté dans ma notice.

Il est plus ou moins question de Yang et de Ou (l'astronome mahométan Hu Ming-Huen) dans tous les opuscules de Verbiest contre les astrologues. Yang et Ou étaient les deux coryphées du vieux système d'astronomie et d'astrologie chinoises. Il existe toutefois deux réfutations directes de Yang, publiées sous le même titre : *Pou-té-i-pien*, c'est-à-dire, Réfutation du livre *Pou-té-i* composé par Yang. La première est l'œuvre de Louis

Buglio, revisée par Verbiest et Magalhaens. La seconde, beaucoup plus considérable, a été rédigée par Verbiest, qui signe : « Verbiest S. J. de l'Extrême Occident ».

Verbiest a beau jeu quand il se moque de Yang Koang-Sien et qu'il ridiculise son vieux système d'astronomie chinoise, qui avait deux équinoxes du printemps, et prétendait fixer ces mêmes équinoxes par l'observation de la température ; qui faisait l'erreur grossière de laisser le Soleil exactement une demi-année au Nord et une demi-année au Sud, pour la fallacieuse raison qu'il y a exactement 180 degrés au Nord comme au Sud. En réalité, répond Verbiest, de l'équinoxe du printemps à celui d'automne, le Soleil parcourt 180 degrés sur l'écliptique et y emploie près de 186 jours, alors qu'en sens inverse, de l'équinoxe d'automne à celui du printemps, il ne met que 178 jours à faire les 180 degrés (1).

5. *Réfutation des quarts d'heure.* Cet opuscule n'est pas un de ceux qui font le plus d'honneur à Verbiest ; reconnaissons-le sans détour. Le jour occidental, étant de 24 heures, contient donc 96 quarts d'heure en tout. Or de temps immémorial les Chinois divisaient la journée en 100 parties égales, soit en 100 quarts d'heure, pour parler le langage usité dans la présente controverse. Chose qui nous paraît aujourd'hui surprenante chez un esprit aussi ouvert, toujours Verbiest combattit énergiquement cette coutume. La raison ? Elle était avant tout d'ordre personnel et pratique. Les tables astronomiques sexagésimales dont se servait Verbiest étaient toutes rapportées au jour occidental de 24 heures divisées en quatre quarts d'heure. Ramener les calculs à la division horaire chinoise était une complication. En outre Verbiest avait peut-être une autre excuse, et le P. Van Hée le premier y appelle l'attention : Pour être parfaitement rationnelle, la division de la journée chinoise eût dû être de 10 heures subdivisées chacune en 10 quarts d'heure. Or cela n'est pas. Le jour chinois se divise en 12 heures. L'inconvénient saute aux yeux, et Verbiest en profite. Pour obtenir le total de 100 quarts d'heure, dit-il, il faut allonger quatre de vos 12 heures chacune d'un quart d'heure, ce qui vous donnerait des heures inégales, les unes de huit, les autres de neuf quarts ; quelle confusion ! Comment s'y retrouvera-t-on, surtout si l'on songe que l'heure du lever et du coucher du

(1) Verbiest néglige les fractions de jours. L' « à peu près » traditionnel chinois lui donnait cette liberté.

Soleil varie dans les différentes localités ? Que si vous ne voulez pas d'heures inégales, reste à diviser 100 par 12, ce qui conduit à des fractions indéfinies. Combien il est plus simple de diviser les 12 heures en 96 quarts d'heure ! Oui, mais combien il était encore plus simple de diviser le jour en 10 heures de 10 quarts ! Cette réplique si naturelle, Yang Koang-Sien ne la vit pas et ne trouva que cette réponse absurde : En divisant le jour en 96 quarts d'heure à la mode européenne, au lieu de 100 quarts d'heure à la manière chinoise, on prétend le raccourcir ! C'était donner beau jeu à Verbiest.

La théorie des éclipses, la division de l'écliptique, la sphéricité de la Terre, la nécessité de perfectionner les calculs astronomiques prouvée par l'histoire chinoise et par les erreurs commises en se servant de méthodes surannées, les travaux publiés par les jésuites sur ces sujets et approuvés par les édits impériaux, telles sont les matières qui suivent.

A la page 48 se trouve une planche très curieuse, destinée à prouver, par l'observation des éclipses de Lune, que la Terre est ronde. Le raisonnement, qui saute aux yeux grâce à quatre figures, est le suivant : 1. La Terre est ronde, car son ombre dans les éclipses de Lune est ronde ; 2. Si la Terre était carrée, son ombre dans les éclipses de Lune serait carrée ; 3. Si la Terre était triangulaire, son ombre dans les éclipses de Lune serait triangulaire ; 4. Si la Terre était hexagonale, son ombre dans les éclipses de Lune serait hexagonale. J'omets beaucoup d'autres détails intéressants.

6. *Observations astronomiques* (Bibl. Nat. N. F. C. n° 3336). C'est le *Liber Observationum* de Verbiest, dont nous avons déjà parlé à propos du *Compendium*, quand nous avons fait ci-dessus l'analyse du traité de la *Description des instruments et appareils* (Ch. 1, n° 1). Le titre chinois des *Observations astronomiques* a huit caractères, et signifie mot à mot : *Par ordre impérial court récit des observations astronomiques d'après la nouvelle méthode.* Les observations astronomiques auxquelles il est fait allusion, sont les célèbres expériences de la semaine de Noël 1668 et celles des premiers mois de 1669. L'auteur en a extrait lui-même les principaux passages pour les donner dans son *Compendium*.

7. Pour terminer ce sujet, il me faut relever un oubli. Dans son *Catalogue des livres chinois, coréens, japonais, etc., qui sont à la Bibliothèque Nationale,* M. Maurice Courant signale une vie du P. Gabriel de Magalhâens, par les pères Buglio et

Verbiest (1). Cette notice biographique a échappé à l'attention du P. Van Hée. Jusqu'à meilleure information, je la crois plutôt de la plume de Buglio que de celle de Verbiest.

IV. Ouvrages religieux. — Nous tromperons-nous en disant que de tous les ouvrages de Verbiest, voilà ceux auxquels il attachait lui-même le plus de prix? Par leurs nombreuses rééditions, ce sont, en tous cas, ceux qui continuent à rendre encore aujourd'hui le nom du jésuite flamand cher aux chrétiens chinois. En voici les titres : 1. *Précis méthodique de la Religion*. A lui seul, il eût suffi à assurer la gloire de Verbiest, car il obtint le plus grand honneur auquel puisse atteindre un livre chinois, celui d'être reçu dans le Catalogue de la Bibliothèque impériale. Les rééditions du *Précis* ne se comptent plus. 2. *De la Rétribution du bien et du mal ;* 3. *La Confession expliquée ;* 4. *L'Eucharistie : quelques réponses aux objections ;* 5. *Preuves de la vraie Religion*. Deux lettrés chinois avaient écrit les *Preuves de la Religion* « en ce beau style lapidaire, dont le chinois est resté un modèle inimitable ». Verbiest reprit l'ouvrage, le perfectionna et y ajouta une préface. C'est le *Criterium verae Religionis*, traduit et publié à Paris, par Couplet, en 1686 ; 6. *Somme Philosophique*. Je la cite pour mémoire. Elle se divisait en 60 livres. Après l'avoir écrite en s'aidant des travaux chinois composés sur le même sujet par les jésuites ses devanciers, Verbiest tâcha de faire imprimer la *Somme* aux frais du trésor impérial ; mais les mandarins firent échouer son projet et le manuscrit resta inédit.

V. Documents. — 1. *Pièces officielles relatives aux Européens, données sous Kang-Hi*. Verbiest a réuni lui-même les documents ou pièces officielles relatifs aux Européens. C'est la source principale, sinon unique, des textes chinois relatifs à ce sujet. La Bibliothèque Nationale de Paris possède les pièces les plus importantes dans un recueil factice en trois volumes, contenant un pêle-mêle de fragments d'ouvrages incomplets (N. F. C. n°s 2907 et 2908). Les pièces qui concernent la réforme du calendrier ont été rééditées, avec des traductions latine et française, par le P. Couvreur S. J., dans son *Choix de Documents, Lettres officielles*, *Proclamations*, *Édits*, *Mémoriaux*, *Inscriptions* (2). J'en ai énuméré le détail dans ma notice (3).

(1) T. I, p. 60, n° 1024. Cote N. F. C., 2754.

(2) Texte chinois avec traduction française et latine. Ho-Kien-Fou, 3e édition. Imprimerie de la Mission catholique, 1901 ; pp. 87-107.

(3) Ho Kien Fou, 3e éd. 1901, pp. 375 et 376.

2. *Supplique pour demander la liberté de la Religion.* Cette pièce curieuse porte la date du 3 mai 1687. Le texte chinois existe-t-il encore? Ce n'est guère probable, mais la Compagnie de Jésus en possède une version latine manuscrite de l'époque : *Copia libelli supplicis oblati die 3 maii 1687 Imperatori Sinarum a P. Ferdinando Verbiest.* Je me propose de la publier dans la Correspondance de Verbiest.

VI. Rôle de Verbiest dans la composition de ses ouvrages chinois. — Voilà, sans doute, le chapitre le plus original du beau mémoire du P. Van Hée. Il rectifiera probablement des idées erronées chez la plupart des lecteurs.

Verbiest a-t-il écrit lui-même ses ouvrages chinois? Répondons franchement avec le P. Van Hée : « Pas le moins du monde. Et pour être encore plus complet, avouons qu'à notre connaissance, ni Ricci parmi les anciens, ni Zottoli parmi les modernes, n'ont jamais réussi, malgré leur science sinologique, à composer un ouvrage chinois de longue haleine. Je fais cette restriction, car ils étaient capables, je crois, de rédiger des opuscules ; encore ne l'ont-ils pas essayé, semble-t-il.

» La raison en est dans la difficulté du chinois littéraire et dans l'insuffisance des loisirs requis.

» Verbiest, comme Ricci, a été aidé par d'excellents lettrés. Ministres d'empire et académiciens ont pris un délicat plaisir à mettre en beau style ce que les jésuites leur expliquaient ou dictaient, touchant les sciences et la religion. Dans la plupart des livres conservés, on trouve très clairement indiqué ce double rôle. Les six premiers livres d'Euclide, par exemple, ont été expliqués et dictés par Ricci au premier ministre Zi (1), qui, grâce à de si savantes leçons et grâce à son mérite personnel, a fait de cette traduction un texte classique à l'usage des mathématiciens jaunes.

» Verbiest, avec sa franchise ordinaire, nous a laissé lui-même l'explication de ces circonstances peu connues. Dans son attaque contre les savants européens, Yang Koang-Sien avait eu... disons le mot, la bêtise d'écrire cette boutade : « leurs livres sont mal expliqués, leur style est défectueux, aussi n'y comprend-on rien ».

» Dans nos ouvrages scientifiques, telle fut la réponse, nous cherchons les faits et la vérité, sans nous occuper outre mesure des fleurs de rhétorique. *Des lettrés nous mettent en chinois ce que nous leur expliquons* ».

(1) Plus connu sous le nom de Paul Siu.

Verbiest, on le voit, est explicite et clair. Mais il faut l'avouer, malgré l'importance du fait, cette collaboration des lettrés chinois aux ouvrages écrits dans leur langue par les Européens, était chez nous chose ignorée. Le lecteur nous saura gré d'avoir transcrit en entier le passage où le P. Van Hée nous l'apprend.

VII. Titres de Verbiest d'après ses ouvrages chinois. — Sous la dynastie des Tsing, ou Tartares-Mandchous (1646-1912), les dignités se divisaient en neuf ordres à deux degrés chacun ; il y avait donc en tout dix-huit grades, le 18e étant le grade inférieur.

Par une coutume assez bizarre, afin de récompenser le zèle des mandarins, des degrés additionnels leur étaient concédés ; espèces de bonnes notes qui n'augmentaient en rien leur dignité réelle.

Comme vice-président de l'Observatoire, charge qu'il occupa dès la XIIe année du règne de Kang-Hi, c'est-à-dire dès 1673, Verbiest débuta par un mandarinat du 5e ordre et du 2e degré. Mais il monta rapidement. A la fin de sa vie il était : premier président de l'Observatoire ; président à la Cour suprême des sacrifices impériaux, (titre singulier, mais purement honorifique, qui était toujours donné au Président du Tribunal des Mathématiques ; plusieurs jésuites, pour éviter de choquer les personnes peu au courant des usages de la Chine, le traduisaient tout simplement par cette dernière expression ;) président de la Cour suprême pour la réception des communications adressées à l'Empereur ; vice-président du Ministère des Travaux publics. Cette dernière dignité conférait au titulaire un mandarinat du 2e ordre et du premier degré. Verbiest était honoré par dessus le marché de deux degrés additionnels.

On peut suivre, par les titres donnés à Verbiest dans les en-têtes de ses ouvrages, l'ascension progressive du jésuite flamand dans les honneurs. Voici, à l'occasion de ces titres, une pièce curieuse, dont je dois la traduction à l'obligeance du P. Van Hée. C'est l'inscription (fig. 4) qui surmonte un portrait de Verbiest, peint peu de jours après la mort du missionnaire, d'après celui qui avait été fait en 1674 par ordre de Kang-Hi. Ce dernier est perdu, mais la copie du XVIIe siècle se conserve à l'Observatoire des Pères de la Compagnie de Jésus, à Zi-Ka-Wei. J'en reproduis (fig. 5) un fac-similé moderne dessiné par un artiste chinois (1).

(1) Ce fac-similé a été rapporté de Chine par un ami du P. Van Hée, M. le comte du Monceau de Bergendael, à qui nous en devons la communication.

Fig. 5. — VERBIEST A L'AGE DE 51 ANS.

D'après le portrait peint en 1674, par ordre de l'Empereur Kang-Hi, dont une copie se trouve chez les Pères de la Compagnie de Jésus, à l'Observatoire de Zi Ka Wei, près Shanghaï.

南懷仁字勳卿一字敦伯比利時國人崇
禎十四年入中國順治初年卽徵脩曆政
康熙八年禮部題奏赴臺測驗南懷仁所
算逐款皆符吳明烜所算逐款皆錯楊光
先職司監正曆日差錯之處並不能脩理
既屢以推算曆日差錯不合天象具題今
將合天象之曆日又堅執西洋之法不可
用大言妄稱國祚情罪重大為此相應將
楊光先革職交與刑部去後乃以南懷仁
授為欽天監監副職銜同理監務十二年
改授監正俱屢抗辭不獲十三年製造儀
器告成加太常寺卿職銜並奉　旨繪取
真容相傳此其臨本也十七年預推康熙
永年曆法告成加為通政使司通政使職
銜仍加一級又供疏堅辭溢銜仍不獲二
十一年正月呈神威礮圖說理論二十六
圖解四十四二月　駕幸關東南懷仁奉
帶測天地儀器以從四月以南懷仁向年
製造各礮陝西湖廣江西等省已有功效
茲又先後製造神威礮三百二十位試放
精堅中的由吏部題加工部右侍郎職銜
仍准加一級二十二年又與閔明我隨
駕往北塞二十六年十一月懷仁病篤
上遣御醫診視十二月二十八日卒於任
呈進遺摺二十七年正月　上賜賻銀二
百兩大緞十端二月出殯　上差內大臣
一等公固山佟國舅並一等侍衛四員送
至阜城門外塋地

Fig. 4

L'inscription chinoise peinte au-dessus du portrait de Verbiest conservé à l'Observatoire de Zi-Ka-Wei.

« *Nan Hoai-jen* (nom chinois de Verbiest) dont les titres honorifiques sont *Hiun-king* et *Toen-pé*, était Belge de nation. Il vint en Chine à la XIVe année du règne de *Ts'ong-tchen* (1).

» La première année de l'empereur *Choen-tche* (2), il fut appelé à Péking pour réorganiser le calendrier.

» La VIIIe année de Kang-Hi (1669) d'après des mémoires et rapports du tribunal des Affaires civiles (3), « il se rendit à l'Observatoire pour des expériences contradictoires. Toutes les observations du père réussirent point pour point, et celles de son adversaire *Ou Ming-huen* échouèrent complètement. Comme le président de l'Observatoire *Yang Koang-sien* commettait des erreurs monstrueuses et n'était pas capable de les corriger, que ses calculs en désaccord avec les phénomènes célestes ont été plusieurs fois dénoncés, et que maintenant il s'écrie avec grand fracas de paroles et plein d'obstination : le système européen en concordance avec le ciel ne peut être employé sans porter malheur à la nouvelle dynastie ; nous jugeons que c'est un véritable crime, qui mérite la dégradation de *Young Koang-sien* livré désormais entre les mains des juges. Après la chute de *Yang*, Verbiest reste assesseur du Tribunal des Mathématiques et en est entièrement chargé ».

« La XIIe année de *Kang-Hi* (1673), il fut nommé président. Malgré ses excuses, il ne put rejeter cet honneur.

» La XIIIe année de *Kang-Hi* (1674) il fabriqua les instruments astronomiques. Comme récompense il reçut le titre honorifique de président de la Cour des sacrifices, et l'Empereur fit faire son portrait. Ceux qui existent en sont des copies (4).

» La XVIIe année (1678) il calcule l'Astronomie Perpétuelle (5). Pour l'en féliciter l'Empereur le nomma président à la Cour des communications impériales et lui donna un grade additionnel. Il protesta et pétitionna contre ces nouveaux honneurs, mais toujours sans succès.

(1) Ceci est une erreur. Verbiest arriva à Macao à la fin de 1658. L'empereur Ts'ong-tchen, de la dynastie des Ming, était mort depuis longtemps.

(2) L'empereur Choen-Tche des sinologues français, est le Xun-chi des portugais, fondateur de la dynastie Tartare-mandchou ou des *Tsing* (1646). Verbiest fut appelé à l'Observatoire en février 1659 seulement. Il y a donc là une nouvelle inexactitude.

(3) Ce qui suit jusqu'à la fin de l'alinéa est une citation.

(4) Verbiest étant né en 1623, on peut en conclure que le portrait que nous reproduisons le représente à l'âge de 51 ans.

(5) Voir ch. I, n° 2 ci-dessus.

» A la première lune de la XXIe année de Kang-Hi (1682), il offrit à l'Empereur son Traité sur les Canons, en 26 articles avec 44 figures (1).

» La même année (1682), à la seconde lune, Verbiest accompagna l'Empereur dans son expédition au delà de la Grande Muraille, avec ses instruments astronomiques et géodésiques (2).

» La 4e lune de la même année encore, les canons de Verbiest donnèrent la victoire aux troupes fidèles dans les provinces de *Chensi*, *Hou-Kwang* et *Kiangsi*. Les 332 canons excellents et foudroyants, fabriqués à différentes reprises par le père, ayant aux expériences fait leurs preuves de précision et de solidité, sur le rapport favorable du tribunal compétent Verbiest fut nommé premier assesseur au Tribunal suprême des Travaux publics et mérita un second degré additionnel.

» La XXIIe année (1683), en compagnie de Grimaldi, il a suivi l'Empereur au nord de la Grande Muraille (3).

» A la XIe lune de la XXVIe année (1687), Verbiest fit une maladie grave. L'Empereur lui envoya son propre médecin ; mais il mourut le XXVIIIe jour de la XIIe lune (28 janvier 1688), en charge.

» Les lettres de faire part furent présentées à la cour et la XXVIe année (1688), à la première lune le monarque envoya 200 taëls d'argent et 10 rouleaux grand format de soie.

» Aux funérailles solennelles de la seconde lune l'Empereur se fit représenter par un colao et d'autres dignitaires, puis envoya le cercueil au delà de la porte *Fou-nan*. »

La petite inscription au bas du portrait donne la signature du copiste moderne du tableau envoyé en Europe et la date de la copie. Ce copiste est un frère coadjuteur, nommé Liéou, très habile artiste chinois, descendant d'une vieille famille catholique mandarinale. Il date son tableau de 1908 et des ateliers de *T'ou chan wai*.

VIII. Conclusion. — Dans ce chapitre le P. Van Hée nous donne le résumé d'une courte notice biographique de Verbiest, écrite en chinois immédiatement après la mort du grand missionnaire, et due aux Pères Thomas Periera et Antoine Thomas. La Bibliothèque Nationale de Paris en possède un exemplaire

(1) Voir ch. I, n° 6.

(2) J'ai raconté en détail dans ma notice (ch. VII pp. 412-420) la grande expédition militaire de 1682 dans laquelle Verbiest accompagna l'Empereur au delà de la Grande Muraille.

(3) Voir ma notice, ch. VII, pp. 420-422.

manuscrit en 4 feuillets doubles (N. F. C. n° 3033). On y trouve quelques détails inédits. J'y relève par exemple celui-ci : à la fin de sa vie le Père surveilla comme ingénieur plusieurs travaux faits pour ouvrir des canaux.

En guise d'épilogue, le P. Van Hée écrit :

« En 1799, paraissait sous le patronage du célèbre mathématicien Yuen-Yuen, l'Histoire des Mathématiques en 46 fascicules ; 43 sont consacrés aux auteurs chinois, et les 3 autres parlent brièvement des auteurs européens ; les premiers nommés sont Méthon et Aristarque. Après Euclide, Clavius, Newton, Cassini, nous trouvons les jésuites de Chine : Ricci, De Ursis, Aleni, Diaz, Terence, Rho, et au-dessus de tous *Schall* et *Verbiest*. Au point de vue scientifique, c'est mettre notre savant compatriote peut-être un peu trop haut ; mais vu les services rendus, laissons-lui sa place glorieuse au milieu de cette immortelle phalange » !

H. Bosmans, S. J.

BIBLIOGRAPHIE

I

Leçons sur l'intégration des équations différentielles aux dérivées partielles, par V. Volterra, nouveau tirage. — Paris, Librairie, A. Hermann et fils, 1912.

M. Vito Volterra réimprime, sans modifications, les leçons professées par lui, à Stockholm, en 1906. On lui en sera reconnaissant et ces Leçons conservent tout leur intérêt, les progrès n'ayant pas été énormes, depuis 1906, date de la première édition.

L'idée essentielle de M. Volterra, le « leit motiv », pourrait-on dire, est celui-ci : *Emploi constant des fonctions polydromes. — Interprétation physique.*

Dès le début (p. 4), l'auteur précise certains théorèmes de l'Élasticité. Il définit la distorsion (p. 9) et la notion de coupure équivalente (p. 13). Il signale les théorèmes généraux qui peuvent être obtenus sans l'intégration des systèmes différentiels. Viennent ensuite (p. 17) les vérifications expérimentales.

Au chapitre V, nous passons aux *fonctions de lignes*, notion introduite par M. Volterra et nous voyons l'interprétation électrique des fonctions harmoniques et synectiques. Dans le chapitre VIII, nous arrivons aux équations de la théorie des ondes. Ici encore, M. Volterra a inventé une méthode dont la valeur est telle que nous la voyons introduite, en ce moment, dans le cours de M. Goursat (tome 3). Cependant, des progrès sensibles s'étant manifestés sur ce point, on peut dire qu'ici la rédaction de 1906 a vieilli, mais il n'empêche que M. Volterra fut l'initiateur.

MM. Tedone, Coulon, d'Adhémar, Hadamard ont pris pour point de départ le Mémoire des Acta Mathematica où, pour la première fois, était abordée, avec généralité, l'équation du *second* ordre, à caractéristiques réelles, à *trois* variables.

Les leçons X et XI nous amènent à l'équation du type parabolique.

M. Volterra donne une large synthèse des travaux antérieurs et dépasse ses prédécesseurs, en employant la méthode des images (p. 68) et en donnant une valeur complexe à l'une des variables.

M. Volterra a exposé, dans ce livre, des idées très personnelles ; l'ouvrage est très suggestif et ne saurait être ignoré de ceux qui s'intéressent aux équations de la physique, analystes ou physiciens.

R. d'Adhémar.

II

I. Exercices et Compléments de Mathématiques Générales, par H. Bouasse et E. Turrière, faisant suite au *Cours de Mathématiques Générales*, de H. Bouasse. — Paris, Ch. Delagrave.

II. Notions de Mathématiques, par A. Sainte-Lagüe. — Paris, A. Hermann et fils.

Nous réunissons ces deux livres, dont le niveau scientifique est très différent, en raison de leur plan commun, de leur tendance identique.

M. Bouasse pense, avec raison, qu'il faut développer, chez les futurs ingénieurs, élèves des Universités, « la faculté de raisonner dans l'abstrait, mais à l'intérieur des limites imposées par la pratique ».

Il a donc choisi, dans la Géométrie analytique, dans le calcul intégral, dans le calcul des probabilités, des questions intéressantes et utiles, dont son expérience de physicien lui a montré la valeur incontestable, l'efficacité.

Ce livre, précieux aux ingénieurs, sera regardé avec profit par les mathématiciens spécialisés. On ne peut qu'en faire un grand éloge.

M. Sainte-Lagüe ne s'adresse pas aux élèves des Facultés, mais à ceux de l'enseignement secondaire. Il « raconte » les mathématiques, et cela est admirable. Tout est amené d'une façon naturelle, bien détaillée (voir, par exemple, la définition de la *dérivée*).

Je crois que tous les collégiens comprendraient les mathé-

matiques, y prendraient goût, avec un professeur comme M. Sainte-Lagüe.

Quelle peine il a prise, et comme les exercices qu'il propose sont bien choisis !

R. D'ADHÉMAR.

III

PROBLÈMES DE MÉCANIQUE ET COURS DE CINÉMATIQUE. Conférences faites en 1912 aux candidats au certificat de Mécanique rationnelle *(Cours et Conférences de la Sorbonne* publiés par l'association générale des Étudiants de Paris). Par C. GUICHARD, professeur à la Faculté des Sciences de Paris ; rédaction de MM. DAUTRY et DECHAMPS, licenciés ès sciences. Un vol. in-8° de 156 pages, avec 116 figures dans le texte. — Paris, A. Hermann, 1913.

L'origine de ce livre indique le genre de lecteurs auxquels il s'adresse et garantit sa valeur. Il comprend deux parties. La première contient les solutions d'une bonne cinquantaine de problèmes de Mécanique rationnelle. Leur mise en équations relève d'un choix judicieux des formules de la mécanique, et leur solution fournit d'excellents exercices de géométrie analytique et d'analyse infinitésimale.

La seconde partie est un cours d'initiation, très rigoureux et très clair, de Cinématique abstraite.

Voici un aperçu de la table de matières :

PROBLÈMES. Cinématique plane (1-21). — Cinématique du corps solide (22-30). — Dynamique du point et géométrie des masses (31-52). — Dynamique des systèmes et problèmes donnés aux examens (53-83).

CINÉMATIQUE. Cinématique du point (84-103). — Cinématique du corps solide ; théorie des mouvements relatifs (103-155).

L. R.

IV

CALCUL DES ORBITES ET DES ÉPHÉMÉRIDES, par LUC PICART, directeur de l'Observatoire de Bordeaux, professeur d'Astronomie à la Faculté des Sciences (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque d'Astronomie* de l'*Encyclopédie scientifique)*. Un vol. in-18 jésus de 306 pages, avec 23 figures dans le texte. — Paris, Doin, 1913.

La question qui fait l'objet de ce volume est celle qui se pose en quelque sorte, au seuil de la Mécanique Céleste : la recherche, à un instant donné, de la position approchée d'un astre qui fait partie du système solaire, soit d'une façon définitive comme une planète, soit temporairement comme une comète. Dans cette recherche, on fait abstraction des perturbations (dont la détermination suppose justement connu le mouvement approché), c'est-à-dire qu'on se place dans le cas du *problème des deux corps* visant l'étude du mouvement relatif d'une planète autour du Soleil sous la seule action de leurs attractions naturelles.

En dépit du caractère relativement élémentaire de ce problème, il ne semble pas que l'on ait déjà donné un exposé d'ensemble, en langue française, des méthodes qui ont été proposées pour le résoudre et dont un certain nombre émanent pourtant de savants français.

C'est une telle lacune que l'auteur s'est proposé de combler avec le souci non seulement de faire clairement comprendre les méthodes de calcul, mais encore de fournir le moyen, sans autre guide, de pousser les opérations jusqu'au terme final.

Il n'a d'ailleurs pas craint, chemin faisant — et nous ne saurions trop l'en louer — de recourir à l'interprétation géométrique, généralement assez simple, des méthodes usuelles, ce qui a le double avantage de rendre la lecture de l'ouvrage plus attrayante à ceux qui n'y cherchent que la satisfaction de leur curiosité intellectuelle ou le développement de leur culture générale, et de faciliter à ceux qui veulent y apprendre la pratique des calculs astronomiques la compréhension des formules qu'ils auront à appliquer en leur en dévoilant la signification synthétique.

Le chapitre I, qui constitue, en quelque sorte, le fondement théorique de l'ouvrage, est consacré au problème des deux corps, et c'est-à-dire, tout d'abord, à l'établissement des lois de Képler, lorsque l'on part du principe de l'attraction universelle de Newton, pour en déduire toutes les circonstances du mouvement elliptique, parabolique ou hyperbolique, le cas du mouvement elliptique avec excentricité très voisine de l'unité (orbite presque parabolique), qui est important pour l'étude de certaines comètes, étant soigneusement traité à part.

Une fois obtenue la position de l'astre dans le plan de son orbite pour une époque quelconque, il s'agit d'en déduire ses coordonnées dont la suite relative à des intervalles d'égale durée forme ce qu'on appelle l'*éphéméride* de cet astre. Ce problème

revient à une simple transformation de coordonnées, pourvu que l'on connaisse les éléments de l'orbite, c'est-à-dire ceux qui définissent entièrement l'orbite par rapport aux axes du système des coordonnées écliptiques.

Après avoir défini ces éléments, l'auteur indique comment, une fois qu'ils sont connus, on procède au calcul de l'éphéméride et en donne un exemple numérique. Il montre ensuite comment les coordonnées ainsi obtennes doivent être corrigées d'abord de la précession et de la mutation (ce qui donne ce qu'on appelle les *coordonnées vraies*, celles que l'on publie dans les tables), puis de la parallaxe et de l'aberration.

Le calcul des éléments de l'orbite à l'aide des données héliocentriques, traité au chapitre II, constitue un problème de mécanique dont la solution analytique repose sur l'emploi des intégrales de Laplace. L'auteur, après avoir développé cette solution, en fait connaître l'élégante interprétation géométrique due à M. Darboux. Il traite ensuite de la détermination des éléments lorsque l'on connaît deux positions héliocentriques à deux instants donnés et opère le calcul des éléments de l'orbite dans son plan successivement dans les cas elliptique, parabolique et hyperbolique. Il démontre, au reste, à part le théorème d'Euler relatif aux orbites paraboliques et l'élégante extension qu'en a donnée Lambert pour le cas soit de l'ellipse, soit de l'hyperbole.

On sait que ce théorème de Lambert, regardé par Lagrange comme « l'une des plus ingénieuses découvertes qui aient été faites dans la théorie du système du monde », a été très heureusement utilisé par Callandreau pour la détermination et la correction des éléments des orbites.

Le problème fondamental de la détermination d'une orbite d'après les observations fait l'objet du chapitre III. Après un exposé théorique de la méthode, dite *directe,* de Laplace dont il donne une interprétation géométrique et discute soigneusement les résultats, il s'étend sur la méthode *indirecte* de Gauss, qu'il traite en détail.

Le chapitre IV contient la récapitulation des opérations nécessaires pour déterminer les éléments d'une orbite d'après trois observations complètes, sans hypothèse sur l'excentricité, avec un exemple numérique d'application à la planète Burdigala (qui est la petite planète 384 et non 374 comme une faute typographique le fait dire au texte).

Dans le chapitre V, revenant sur la méthode de Laplace,

jusqu'en ces derniers temps assez délaissée par les astronomes qui, à l'exemple de Lagrange, doutaient un peu de son efficacité pratique, l'auteur fournit d'utiles indications sur les travaux poursuivis en vue de rendre couramment utilisable cette méthode, qui par ailleurs, ne manque pas d'avantages, ainsi que Poincaré l'a nettement fait apparaître. C'est ainsi qu'il fait connaître les formules de M. Bruns provenant de la mise en œuvre d'un procédé qui revient à celui de Laplace, ainsi que celles de M. Leuschner qui permettent de tenir compte, dans la première approximation, des effets de la parallaxe et de l'aberration.

Le chapitre VI est réservé au calcul d'orbites particulières qu'il y a lieu de considérer à part, soit que les circonstances qui s'y rencontrent rendent illusoire l'application des méthodes générales, ce qui est le cas pour les orbites peu inclinées sur l'écliptique, soit qu'elles permettent certaines simplifications, ce qui est le cas pour les orbites paraboliques en vue desquelles a été proposée la méthode d'Olbers. L'auteur traite également le cas des orbites circulaires qui se prête, lorsqu'on ne dispose que de deux observations, à une première approximation suffisante pour que les observateurs puissent retrouver l'astre disparu momentanément et fournir les données nécessaires au complément du premier calcul.

Dans le chapitre VII sont exposés les procédés destinés à corriger les éléments d'une orbite approximative soit elliptique, soit parabolique, et l'auteur ne manque pas, à cette occasion, de faire connaître les simplifications obtenues par Radau au moyen d'élégantes considérations géométriques.

Enfin, la détermination des orbites des étoiles doubles est traitée dans le chapitre VIII où, en plus de la méthode purement analytique, on trouve la méthode graphique de Zwiers et la méthode semi-graphique de John Herschel.

Nous avons dit, au début de cette note bibliographique, que le livre de M. Picart venait combler une lacune ; nous ajouterons qu'il le fait d'une façon concise et claire qui le rendra plus précieux encore à ceux qui auront à le consulter, et sous une forme telle que, chez l'auteur, derrière l'astronome, on n'hésite pas à discerner le mathématicien.

Ph. du P.

V

L'Astronomie, Observations, Théorie et Vulgarisation générale, par M. Moye, professeur à l'Université de Montpellier (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque d'Astronomie* de l'*Encyclopédie scientifique*). Un vol. in-18 jésus de 395 pages, avec 43 figures dans le texte et 4 planches. — Paris, Doin, 1913.

Voici un livre original à plus d'un titre, et d'abord par la personnalité même de l'auteur. Lorsque, dans une encyclopédie scientifique, on rencontre un traité signé d'un professeur d'Université, on est tout naturellement conduit à penser que la science sur laquelle il écrit doit rentrer dans le cadre de son enseignement. Or, ce serait, en l'espèce, commettre une grave erreur. Le cours dont M. Marcel Moye est titulaire à l'Université de Montpellier est celui de ... Droit public international ! Mais, chez M. Moye, le juriste est doublé d'un amateur passionné d'Astronomie et, peut-on dire, d'un amateur pratiquant qui consacre la majeure partie de ses loisirs à l'observation du ciel par les moyens que peut offrir une installation de fortune réalisée en un logis privé. Et c'est en raison de cette circonstance que l'ouvrage de M. Moye, qui pourrait s'intituler *le livre d'étude et le guide de l'amateur d'Astronomie par un amateur d'Astronomie*, présente un haut degré d'originalité

Certes, il se trouve parfois des professionnels de la science, et non des moins qualifiés, qui ont le talent de la vulgarisation, plus rare toutefois qu'on ne serait d'abord tenté de le croire. L'exemple d'Arago est particulièrement typique à cet égard et la notoriété qui, lors de son apparition, s'est attachée à son *Astronomie populaire*, n'est pas encore près d'être oubliée. Mais, quelque soutenu que soit, en pareil cas, l'effort de simplification de l'auteur, il arrive bien par ci par là, à son exposé de déborder un peu les limites où préférerait se maintenir la curiosité du pur amateur. Et c'est pourquoi le but que doit se proposer un véritable livre de vulgarisation nous semble avoir plus de chance d'être atteint par la plume d'un tel amateur, à la condition, bien entendu — comme c'est ici le cas — que cet amateur soit non seulement parfaitement éclairé sur le sujet qu'il entend traiter, mais encore pourvu d'un haut degré de culture générale.

Afin de faire plus nettement saisir le plan que l'auteur a eu en vue de réaliser, le mieux nous semble de lui laisser la parole :

« Notre but, dit-il, a été d'entrer en conversation, pour ainsi parler, avec l'amateur qui s'ignore, avec le public intelligent qui voudrait connaître le ciel sans avoir à se livrer à des études préalables, mais aussi sans s'arrêter à un savoir livresque. L'Astronomie étant une science naturelle et d'observation directe, nous avons tenté de donner à nos lecteurs les moyens pratiques d'apprendre sur le firmament lui-même les principes souvent présentés avec un appareil déconcertant de formules mathématiques. Comme d'autre part, les progrès industriels ont mis, de nos jours, des instruments d'optique à des prix abordables à tous, nous avons pensé, à propos de chaque chapitre de notre livre, pouvoir indiquer ce que l'on pouvait voir avec les moyens usuels des amateurs dont nous ne sommes qu'une unité quelconque.... »

Ce souci de mettre à la portée du lecteur les vérifications immédiates auxquelles se peuvent prêter les moyens d'observation les plus ordinaires est une des principales caractéristiques de l'ouvrage.

Par une suite toute naturelle de cette tendance, l'auteur envisage les divers phénomènes célestes dans l'ordre de difficulté croissante de leur observation, en partant de ceux qui résultent de la rotation diurne de notre globe pour atteindre progressivement à ceux qui ont leur siège dans les parties les plus éloignées du monde sidéral. Voici d'ailleurs quels sont les sujets traités dans les douze chapitres dont se compose l'ouvrage : Le ciel et son étude. — La rotation diurne du globe. — La révolution annuelle de la Terre autour du Soleil. — Le Soleil. — La Lune. — Le système planétaire. — Les planètes moyennes. — Les grosses planètes. — Comètes et météorites. — Le monde sidéral. — Systèmes d'étoiles et nébuleuses. — Cosmogonie et habitabilité des mondes.

Présenté sous une forme familière, et avec une très grande clarté, l'exposé simplement descriptif de tous les faits qui se groupent sous ces titres divers répond à merveille aux besoins du public que vise l'auteur. L'indication, qui le complète, des moyens les plus simples d'observer directement ces faits est, en outre, des plus précieuses.

Il est fâcheux toutefois que notre devoir strict de bibliographe scrupuleux nous mette dans l'obligation de faire une réserve sur un point de détail. Les notions relatives aux sections coniques, données (p. 75) à propos des lois de Képler, sont étrangement erronées et l'on est en droit de s'étonner que l'auteur, si exacte-

ment informé du côté physique de l'Astronomie, n'ait pas cherché à être, ne disons même pas rigoureux, mais simplement exact lorsque, ne fût-ce qu'en passant, il en a effleuré le côté géométrique. Ce n'est, en effet, pas une mince hérésie de dire qu'une section plane d'un cône circulaire devient une parabole « si le plan sécant est parallèle à l'axe du cône », ou encore qu'une hyperbole est une courbe ouverte « arrondie autour d'un seul foyer ». Ce ne sont, au surplus, là que quelques phrases malheureuses qu'il sera facile de corriger dans une édition ultérieure ; elles ne sauraient empêcher d'apprécier comme il convient, dans son ensemble, ce très intéressant petit livre qui ne laissera pas d'être fort instructif non seulement pour ces amateurs auxquels s'adresse particulièrement l'auteur, mais encore pour nombre de ceux qui, n'ayant, dans une étude sommaire, envisagé l'Astronomie qu'à travers le réseau des formules mathématiques qui symbolisent ses lois, ne sont encore parvenus à en connaître, en quelque sorte, que l'ossature.

Ph. du P.

VI

La Télégraphie et la Téléphonie simultanées et la Téléphonie multiple, par K. Berger, inspecteur supérieur des Postes d'Allemagne, traduit par P. Le Normand, ingénieur des Postes et Télégraphes. Un vol. in-8° de 134 pages avec 111 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1913.

Ce volume fait partie de la *Bibliothèque des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones ;* il s'adresse aux techniciens qui y trouveront les solutions du double problème mis à l'étude dès les premières applications interurbaines du téléphone : appliquer la même ligne soit à la télégraphie et à la téléphonie simultanées, soit à la téléphonie multiple.

Après avoir rappelé dans l'introduction, l'historique de la question, analysé les conditions et les exigences du problème et indiqué ses solutions possibles, l'auteur divise son livre en deux parties intitulées : *Télégraphie et Téléphonie simultanées* et *Téléphonie multiple.* La première se subdivise en deux sections : *La téléphonie sur lignes télégraphiques*, circuits à un seul conducteur, avec retour par la terre ; et *la Télégraphie sur circuits*

téléphoniques à double fil. La seconde partie ne contient qu'une seule section, le problème de la téléphonie multiple ne pouvant se résoudre que par l'emploi de circuits bifilaires.

Dans chacune des sections, l'auteur aborde l'examen scientifique et économique de chacun des montages proposés, leurs dispositions techniques, l'étendue de leur emploi, etc.

Un appendice est consacré au montage de Pierre Picard pour la télégraphie double simultanée.

L. R.

VII

Beyond the Atom, by John Cox, M. A., sometime Fellow of Trinity College, Cambridge, formerly Professor of Physics in Mc Gill University (Montreal). Un vol. in-16 de 151 pages, avec 11 figures et une planche hors texte. — Cambridge, University Press, 1913.

Ce petit volume, plus riche de doctrine que de pages, fait partie de la collection des *Cambridge Manuals*. Il contient l'exposé historique et scientifique des découvertes qui, au cours de ces dernières années, ont enrichi la physique expérimentale et ouvert à la physique théorique des perspectives nouvelles sur la structure de la matière « au delà de l'atome ».

Cette monographie, écrite sous les yeux et avec l'aide du professeur Rutherford en vue surtout de la vulgarisation, plaira à tous ceux qu'intéressent l'enchaînement des conquêtes de la science et la transformation des hypothèses qui, tour à tour, la pénètrent et la dominent.

Dans le premier chapitre, *The atom in the seventies,* qui sert d'introduction, l'auteur rappelle à grands traits les découvertes qui ont marqué le commencement et la fin du XIXe siècle, en insistant sur les hypothèses moléculaires, les services qu'elles ont rendus, en chimie surtout, les spéculations qu'elles ont provoquées sur la structure intime de la matière et l'explication cinétique des phénomènes physiques, les premiers essais de mesure des masses, des dimensions, des mouvements et des vitesses de translation des molécules dans les gaz, de leur parcours moyen libre et de leurs chocs.

Peu à peu, sous la poussée des faits d'observation, les idées

se transforment. L'hypothèse de l'émission, en lumière, cède la place à celle des ondulations ; la chaleur cesse d'être un fluide pour devenir un mode de mouvement ; l'intervention d'un milieu universel tend à se substituer à l'action à distance ; la notion d'énergie, de sa conservation et de ses transformations, envahit toutes les parties de la physique ; des rapprochements s'établissent entre des phénomènes restés jusque là séparés ; l'optique devient un chapitre de l'électromagnétisme, et la dynamique de l'éther et celle des éléments de la matière pondérable absorbent le travail des physiciens.

Une chose cependant survit à ces bouleversements : c'est l'atome des chimistes avec ses propriétés caractéristiques immuables, « ce quelque chose, écrivait Maxwell en 1875, qui a existé soit de toute éternité, soit au moins depuis des temps antérieurs à l'ordre actuel de la nature ». Pour Maxwell, comme pour la plupart de ses contemporains, le passé de l'atome répond de son avenir : s'il a pu traverser, sans en subir la moindre atteinte, toutes les révolutions de la vie astrale et planétaire de notre globe ; si on le retrouve, toujours identique à lui-même pour une même substance, ici-bas et dans les profondeurs de l'espace, c'est qu'il est bien essentiellement inaltérable. N'est-ce pas cette pérennité des propriétés de l'atome qui suggéra à Lord Kelvin l'idée d'en faire un tourbillon indestructible au sein d'un fluide parfait ?

Mais voici que, quelques années plus tard, tout change de face.

Deux genres d'appareils connus depuis longtemps, les bobines d'induction et les machines à faire le vide que l'on venait de perfectionner, ont été, entre les mains des physiciens, les agents matériels de cette révolution. Le chapitre II, *The vacuum Tube*, du livre de M. Cox, rappelle les phénomènes que présente un tube scellé, actionné par une bobine d'induction et dont on extrait peu à peu le gaz qu'il contient. La décharge, qui se refusait à passer avant qu'on ait commencé à faire le vide, ne tarde pas à franchir l'obstacle un peu tumultueusement d'abord, mais pour prendre bientôt la forme d'un mince filet continu de lumière ; le voici qui se divise en stries très serrées ; peu à peu ces stries s'écartent et, dès que la pression est réduite à quelques centièmes de millimètre de mercure, la lueur nuageuse qui avait fini par remplir le tube, s'efface peu à peu et une phosphorescence verte recouvre la surface interne du tube en se concentrant sur la paroi opposée à la cathode.

C'est ici que se placent les célèbres expériences de Crookes (1878-1879), l'inventeur du radiomètre, sur ce qu'il appela la « matière radiante », et d'où sortit la découverte des *rayons cathodiques :* ils partent de la cathode, avec une grande vitesse et normalement à sa surface, cheminent en ligne droite tant qu'ils ne sont pas déviés par l'intervention d'un champ magnétique ou électrique et, à la rencontre d'un obstacle, produisent des phénomènes calorifiques et luminescents.

Quelle est la nature de ces rayons ? Sont-ils dus, comme la lumière ordinaire dans les théories modernes, à un trouble se propageant dans l'éther ? ou bien figurent-ils les trajectoires de particules matérielles, comme le rayon lumineux de l'ancienne théorie de l'émission ? C'est cette dernière opinion qui prévalut. Les particules dont ils sont formés sont animées de vitesses variables avec le degré du vide réalisé et la différence de potentiel aux bornes du tube, mais pouvant atteindre de 10^9 à 10^{10} centimètres à la seconde ; ce ne sont ni des molécules, ni même des atomes, mais de la matière dans un état de division bien plus avancée et de nature identique, quels que soient les gaz différents, tels que l'hydrogène, l'oxygène etc., sur lesquels on opère. Ces sous-atomes, dont la masse est mille fois plus faible que celle de l'atome d'hydrogène, portent une charge d'électricité négative uniforme et de même ordre que celle de l'ion d'hydrogène dans l'électrolyse.

On les appela d'abord corpuscules, on leur donne plus généralement aujourd'hui le nom d'*électrons*. Ce sont les effets balistiques de ce rayonnement corpusculaire que les expériences de Crookes ont mis en évidence.

Des rayons cathodiques, l'auteur passe aux *Kanalstrahlen* découverts par M. Goldstein, et dont l'existence s'est présentée comme une conséquence nécessaire de l'émission cathodique par une cathode perforée. Leur structure est également corpusculaire ; les champs électrique et magnétique les dévient, mais plus faiblement que les rayons cathodiques et *en sens opposé*. La valeur du rapport de la charge e à la masse m d'une des particules élémentaires qui les constituent ne dépasse pas 10^4, alors qu'elle atteint 10^7 pour les corpuscules cathodiques, et leur vitesse, plus faible que celle des rayons cathodiques, est de l'ordre de 2.10^8 centimètres par seconde. Les rayons canaux seraient donc formés d'*atomes* ou de *molécules,* et non de *sous-atomes*, chargés non plus d'électricité négative, mais d'électricité positive. L'étude de ces rayons-canaux a été poussée au cours

de ces dernières années (1910-1913), par M. J. J. Thomson, et on annonce la prochaine publication des résultats de ces recherches ; M. Cox en signale quelques-uns.

La découverte (1895) des Rayons de Röntgen (rayons X) surgit de l'étude des rayons cathodiques. Le hasard n'y fut pas étranger, mais on était préparé à profiter de ses faveurs.

On connaît les multiples applications de ces rayons. Leurs propriétés tiennent à la fois de celles d'un transport de corpuscules, analogues aux rayons cathodiques, et de celles de la lumière. Leur nature a été souvent remise en question, on se rallie aujourd'hui à l'opinion suggérée par Stokes qui fait, des rayons X, des ondes d'impulsion non périodiques cheminant dans l'éther (1).

Les recherches que nous venons de rappeler, les méthodes expérimentales et les procédés de mesure dont elles ont provoqué l'invention, les conquêtes qu'elles ont consacrées, ont ouvert la voie à la découverte et à l'interprétation des phénomènes de la radioactivité. Déjà en 1867, Niepce de Saint-Victor avait constaté que les sels d'urane, enfermés dans un étui de fer blanc, impressionnent les plaques sensibles dans l'obscurité, mais on n'était pas préparé à tirer parti de cette observation de fortune, il fallut la refaire.

Le lien étroit qui semblait rattacher la production des rayons X à la phosphorescence provoquée par le bombardement des rayons cathodiques, ramena l'attention sur les substances fluorescentes, notamment sur une des plus brillantes, l'uranium. Le champ d'observation fut rapidement élargi, et on ne tarda pas à se trouver en présence d'un nombre très respectable de corps, les uns connus depuis longtemps, d'autres nouveaux, manifestant, à des degrés divers, ce rayonnement spontané. C'est à ces radiations que M. Cox consacre le IIIe chapitre de son livre, *The new rays*. Elles sont complexes et leur triage a exigé beaucoup d'habileté.

On y distingue trois espèces de rayons que l'on a appelés α, β et γ. Leur pouvoir de pénétration est différent et ils n'obéissent pas également à l'action du champ électrique ou du champ magnétique ; c'est ce qui a permis de les séparer.

(1) A propos des rayons X, signalons l'excellente monographie du Dr R. Pohl, *Die Physik der Röntgenstrahlen*, un vol. de 163 pages avec 72 figures, Brunswich, Vieweg, 1912.

Les rayons α sont les moins pénétrants ; ce sont les trajectoires de particules matérielles, portant une charge électrique positive ; leur masse est double de celle de l'atome d'hydrogène et leur vitesse initiale, différente pour les diverses substances qui les émettent, est de l'ordre du dixième de la vitesse de la lumière. La déviation qu'ils subissent dans le champ magnétique et électrique est très faible comparée à celle des rayons β, dans les mêmes conditions, et de sens opposé. Bref, ils rappellent les *rayons canaux* des tubes à vide. Il paraît bien établi que les particules α sont des atomes d'hélium, ce gaz longtemps mystérieux dont l'existence dans l'atmosphère du Soleil nous fut révélée par son spectre, bien avant qu'on ne le rencontrât sur la Terre, et qui se manifeste aujourd'hui comme un des produits de la désagrégation de la matière.

Le rayonnement β est aussi corpusculaire ; en chiffre rond, il est cent fois plus pénétrant que le rayonnement α. La masse des particules dont il est formé est mille fois plus faible que celle de l'atome d'hydrogène et elle porte une charge électrique négative. Ces particules sont donc des électrons, et les rayons β rappellent les rayons cathodiques des tubes à vide ; leur vitesse toutefois est beaucoup plus grande : elle est voisine de celle de la lumière, et le rapport $\frac{e}{m}$, pour une particule β, diminue à mesure que le vitesse augmente.

Enfin les rayons γ qui semblent accompagner toujours les rayons β échappent à l'action du champ magnétique et électrique : ils ne sont donc pas déviables ; ils sont cent fois environ plus pénétrants que les rayons β et leurs propriétés les rapprochent des rayons X. Comme eux, ils résultent vraisemblablement d'impulsions irrégulières produites et propagées dans l'éther.

Ce triple rayonnement est spontané et les deux premiers se font au détriment des substances qui les émettent. La désagrégation des corps radio-actifs, leurs transformations etc., font l'objet des chapitres suivants intitulés : IV. *The new substances*, V. *Desintegration*, VI. *A family Tree*, VII. *Verifications and Results*.

Cet exposé, qu'il serait malaisé de condenser davantage, est une mise au point très intéressante de nos connaissances actuelles sur la radio-activité. Si la technique y tient peu de place, en revanche les faits observés y sont largement exposés, les théories qui les coordonnent nettement présentées, ainsi que

les applications que l'on a faites de la radio-activité à la géologie et à la physique du globe, à la détermination de l'âge du Soleil et à certains phénomènes cosmiques.

Un instant, on a pu croire que le rêve des Alchimistes allait se réaliser et que l'on touchait à la *transmutation des éléments*. L'auteur rappelle ici, pour l'adopter, l'opinion exprimée en 1911 par Mme Curie : « Il n'y a pas encore actuellement de raisons suffisantes pour admettre que la formation de certains éléments puisse être provoquée à volonté en présence des corps radio-actifs. La production de l'hélium reste acquise ; mais elle est reliée à une propriété essentielle des éléments radio-actifs et n'est pas influencée par l'intervention de l'expérimentateur ».

L'ensemble de ces découvertes, l'interprétation qu'on en a donnée et les conséquences qui en découlent relatives à la constitution de la matière, ont valu aux conceptions atomiques et aux théories cinétiques des phénomènes physiques un regain d'actualité que des recherches d'un tout autre genre, notamment l'étude des mouvements browniens, si admirablement poussée à bout par M. J. Perrin, ont encore accru. C'est à ces recherches que M. Cox consacre le VIIIe chapitre de son livre : *The objective reality of Molecules*. Il faut les admirer sans réserve, mais il est permis de ne pas y voir la preuve de la thèse métaphysique qu'énonce le titre de ce chapitre.

Dans le chapitre suivant, le dernier, intitulé IX. *The New atom*, l'auteur abandonne le domaine des faits d'observation pour nous introduire au cœur de la matière, nous en dévoiler la structure intime et nous montrer à l'œuvre le jeu secret de ses rouages mystérieux.

L'atome du physicien n'est plus cette petite masse insécable, inerte, immuable qui suffit au chimiste, c'est un monde infiniment petit mais d'une complexité déconcertante, une sorte de miniature de notre système solaire ou, si l'on veut, de celui de Saturne et de ses anneaux corpusculaires, doué à la fois d'une stabilité extraordinaire et d'une instabilité plus merveilleuse encore, et qui renferme dans son sein une quantité énorme d'énergie giratoire, insensible aux sens et à nos instruments d'observation, mais apte à se transformer en énergie sensible sous toutes ses formes.

Et que dire des associations d'atomes qui sont les molécules, et des groupements de molécules qui forment les corps, d'un millimètre cube d'hydrogène, par exemple, où, dans les condi-

tions normales de température et de pression, se jouent quelque 40 millions de milliards de ces édifices ?

Est-ce là le dernier mot des théories néo-atomiques ? — Oui,... jusqu'au jour où ce *modèle* de la structure intime de la matière, utile aujourd'hui, aura cessé de l'être. Alors il faudra bien en créer un nouveau, avec d'autres éléments imperceptibles, d'autres mouvements cachés et dont la complication sera, sans doute, plus déconcertante encore.

Le livre de M. Cox se termine par l'index bibliographique des ouvrages et des mémoires utilisés par l'auteur, et une table alphabétique des matières.

N. N.

VIII

Recueil des Constantes physiques, publié par Henri Abraham, professeur à la Sorbonne, secrétaire général de la Société française de physique, et Paul Sacerdote, docteur en sciences, professeur au Collège Chaptal. Un vol. in-4° de 753 pages et cinq planches hors texte (Spectre du Fer). — Paris, Gauthier-Villars, 1913.

C'est sous les auspices de la *Société française de Physique* et avec le concours de cent et dix collaborateurs, que MM. Abraham et Sacerdote ont entrepris et mené à bien ce colossal travail qui présente toutes les garanties d'une information complète et très sûre. Il est superflu d'insister sur son utilité. Voici quelles sont les grandes divisions du Recueil :

Généralités (pp. 1-98) : dix-neuf tableaux. — *Quelques propriétés moléculaires* (pp. 101-132) ; dix-neuf tableaux. — *Équation d'état* (densité, élasticité, dilatation) ; *Changement d'état* (pp. 134-295) : soixante-deux tableaux. — *Calorimétrie* (pp. 300-343) : vingt tableaux. — *Alliages métalliques* (pp. 345-355) : six tableaux. — *Mélanges et Solutions* (pp. 360-416) : trente-deux tableaux. — *Acoustique* (pp. 419-426) : sept tableaux. — *Optique* (pp. 431-551) : soixante-quatre tableaux. — *Électricité et Magnétisme* (pp. 554-671) : cinquante-deux tableaux. — *Actions diverses du Champ électrique et du Champ magnétique* (pp. 672-696) : treize tableaux. — *Données pratiques sur les appareils et instruments de mesures* (pp. 698-735) : treize tableaux. — *Données sur l'homme et sur les sens* (pp. 736-740) : quatre tableaux. Une table alphabétique des matières contenant plus de 800 rubriques, rend très commode le maniement du volume.

On a inscrit au bas de chaque tableau les noms des collaborateurs qui l'ont dressé. En général, chaque grandeur n'est représentée que par un seul nombre, celui qui a paru aux auteurs du tableau, le plus vraisemblable dans l'état actuel de nos connaissances. On s'est efforcé d'indiquer par le nombre des décimales conservées la précision probable de la mesure. En tête de chaque tableau, une courte notice indique la définition des grandeurs, les notations, les unités employées et, toutes les fois que cela a paru utile, un exemple numérique de l'emploi des nombres du tableau. Les unités employées sont généralement les unités C. G. S. Lorsque l'unité usuelle est un multiple décimal de l'unité C. G. S., on a mis en évidence une puissance de 10 choisie de telle façon qu'en en faisant abstraction, les nombres du tableau donnent directement la valeur de la grandeur en unités usuelles. Dans chaque tableau les corps ont été répartis en un petit nombre de grandes catégories (corps simples, composés métalliques, minéraux naturels, composés organiques etc.) et dans chacune de celles-ci, on les a classés par ordre alphabétique. Les indications relatives aux formules chimiques, systèmes cristallins, synonymes des noms des corps, ont été rassemblées dans une liste générale, imprimée sur papier teinté, et placée en tête du volume.

C'est aux physiciens et aux chimistes que s'adresse surtout ce recueil, mais ils ne seront pas seuls à en profiter : on y trouve, en effet, bon nombre de données relatives à l'Astronomie, à la Géodésie, à la Physique du globe, etc. Les mots *constantes physiques* ont donc ici leur sens large.

N. N.

IX

Tables annuelles des Constantes et Données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie, publiées sous le patronage de l'Association internationale des Académies, par le Conseil international, nommé par le VIIe Congrès de Chimie appliquée (Londres, 2 juin 1909). — Secrétaire Général : Ch. Marie. Vol. II. Année 1911. — Un vol. in-4° de xl-759 pages. Paris, Gauthier-Villars ; Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. ; London, J. et A. Churchill ; Chicago, University of Chicago Press, 1913.

En présentant à nos lecteurs le premier volume de cette très précieuse publication (1), nous avons fait connaître le but qu'elle poursuit, les moyens dont disposent ses collaborateurs et les succès qu'elle a rencontrés, dès ses débuts, dans les milieux techniques aussi bien que dans les milieux de science pure. L'utilité de cette œuvre et l'excellence de sa réalisation ont été depuis officiellement proclamées : le VIIIe Congrès international de Chimie appliquée, qui s'est tenu à New-York en 1912, a reconnu par un vote unanime que les auteurs des *Tables annuelles* avaient rempli la mission que le Congrès de Londres (1909) leur avait confiée. Il est certain que ce second volume, qui contient les données de 1911, sera reçu, dans les milieux auxquels il est destiné, avec les éloges et la reconnaissance qui ont accueilli le premier volume.

Ces *Tables* vont prendre une importance particulière par suite de la publication récente des *Smithsonian Physical Tables* (5e éd. 1910), des *Physikalisch-chemische Tabellen de Landolt-Börnstein-Roth* (4e éd. 1912) et du *Recueil des constantes physiques*, publié par la Société française de Physique (1913) dont il a été rendu compte plus haut. Ces œuvres fondamentales constituent d'admirables inventaires de la publication scientifique du passé ; les *Tables annuelles internationales* sont dès maintenant et seront de plus en plus dans l'avenir, leur complément indispensable.

X. X.

X

Métrophotographie, par J. Th. Saconney (ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de Mathématiques appliquées* de l'*Encyclopédie scientifique*). Un vol. in-18 jésus de 287 pages, avec 130 figures dans le texte. — Paris, Doin, 1913.

La métrophotographie (dite aussi photogrammétrie, ou phototopographie, ou topophotographie) est, comme on sait, l'art de lever des plans, et même de les coter, au moyen de vues photographiques. C'est, en somme, le problème de la restitution perspective pratiqué sur des épreuves photographiques.

L'initiateur de cet art spécial a été le colonel du génie français

(1) Revue des Questions scientifiques, livraison de juillet 1912, p. 292.

Laussedat (qui fut professeur à l'École Polytechnique et membre de l'Institut) dont les premiers travaux remontent à soixante ans et qui a créé à la fois instruments et méthodes en vue d'obtenir une précision aussi grande que possible.

Le principe de la métrophotographie telle que la pratiquait Laussedat se confondait avec celui de la méthode dite des intersections en topographie courante, les lignes de visée étant ici déterminées pour chaque station par leurs traces sur la plaque sensible supposée rigoureusement verticale et exactement perpendiculaire à l'axe de l'objectif photographique. L'instrument disposé à cet effet par Laussedat est ce qu'on appelle un phototachéomètre.

La portée de la méthode s'est trouvée grandement accrue le jour où on a pu prendre couramment des vues photographiques non seulement au niveau du sol, mais de points de vue élevés dans l'atmosphère, grâce à l'emploi de ballons, d'aéroplanes ou de cerfs-volants. Il va sans dire qu'un tel mode opératoire comporte, par rapport au précédent, une différence capitale au point de vue géométrique, la plaque sensible n'étant plus, au moment de la prise du cliché, verticale mais bien orientée d'une façon quelconque dans l'espace. De là, de nouveaux problèmes de restitution perspective auxquels un officier du génie français, des plus distingués, le capitaine Saconney, s'est tout spécialement attaché et dont il a donné des solutions éminemment pratiques, sans compter qu'il a considérablement perfectionné la construction des cerfs-volants pour en faire les auxiliaires permanents de ce genre d'opération.

Les procédés du capitaine Saconney, appliqués sur le terrain par lui-même, notamment au début de la campagne du Maroc, ont donné des résultats véritablement excellents, presque inespérés. Aussi le petit volume où, pour la première fois, il en donne un exposé d'ensemble est-il de nature à éveiller le plus vif intérêt.

Dans un premier chapitre, l'auteur énonce les principes sur lesquels repose la métrophotographie généralisée telle qu'il l'envisage.

Pour restituer un objet quelconque, dans ses dimensions réelles, au moyen de plusieurs images photographiques, il faut être en mesure de placer dans l'espace, par rapport à cet objet, le point de vue et le plan de chaque image photographique. Tel est le problème préliminaire. Une fois ce problème résolu, il est clair que la restitution peut s'opérer au moyen de deux images

seulement, chacune d'elles déterminant dans l'espace un faisceau de rayons, et les rayons qui se correspondent de l'un à l'autre de ces faisceaux étant concourants au point à restituer auquel ils se réfèrent.

Le chapitre II, consacré à la phototopographie de précision, contient le développement des méthodes instituées par Laussedat et reposant sur l'emploi d'un phototachéomètre.

C'est au chapitre III que le capitaine Saconney commence l'examen des méthodes qui sont plus spécialement de son ressort et qu'il englobe dans la désignation générale de phototopographie aérienne. Ce chapitre débute, au reste, par la description des ingénieux dispositifs qui ont permis à l'auteur de recourir, pour prendre les images photographiques, à l'emploi de cerfs-volants.

Dans les deux chapitres suivants, l'auteur entre dans tous les détails que comporte l'application des procédés phototopographiques aux reconnaissances soit terrestres, soit côtières.

Un dernier chapitre est réservé à l'étude de l'utilisation de documents photographiques quelconques, que l'on connaisse ou non le centre (projection orthogonale du point de vue sur l'image employée). C'est, bien entendu, cette partie qui est la plus fertile en problèmes de géométrie ; le capitaine Saconney les résout très heureusement pour en déduire des procédés ne laissant pas d'être assez imprévus et permettant notamment d'effectuer des restitutions à l'aide d'un nombre suffisant de simples cartes postales illustrées.

Quatre annexes terminent le volume : la première contient les développements géométriques que comporte le problème de la métrophotographie pris dans sa plus grande généralité ; la seconde renseigne sur les divers modes de suspension des appareils destinés à la photographie aérienne ; la troisième fournit des exemples de reconnaissances en pays inconnus ; la quatrième enfin fait connaître un mode d'évaluation précise de la hauteur d'un aéroplane au moyen de photographies prises à son bord.

Il est à peine besoin de dire qu'à lire l'exposé si curieux du capitaine Saconney, on sent nettement qu'il émane d'un homme ayant mis la main à la pâte, auquel aucun des détails intéressant la pratique n'est étranger, qui joint, en un mot, un esprit géométrique très avisé à un sens très sûr de la réalité. Doué de telles qualités, on ne peut douter que le livre du capitaine Saconney ne soit destiné à conquérir la faveur du public.

Ph. du P.

XI

Étude des mouvements des grèves dans la baie du Mont Saint-Michel, par M. Lecocq, Ingénieur des ponts et Chaussées (Annales des Ponts et Chaussées, 1913, I).

Ceux qui sont assez âgés pour avoir vu le Mont Saint-Michel complètement entouré par la pleine mer regretteront toujours la construction d'une digue insubmersible ; mais on sait que l'on accuse communément cette digue de provoquer un atterrissement général entre le Mont et la terre ferme, et un mouvement d'opinion très accentué réclame au moins la coupure de la digue comme unique moyen de combattre cet atterrissement. M. Lecocq, dans l'article dont nous allons rendre compte, ne prend aucune part à la polémique, mais étudie les mouvements des grèves tels que les révèle l'observation et cherche à en déduire des indications sur la méthode la plus efficace pour obtenir un abaissement du niveau des grèves aux abords du Mont Saint-Michel.

Ainsi qu'on le voit sur la petite carte que nous reproduisons à la page suivante, la baie reçoit trois rivières, le Couesnon qui débouche à côté du Mont et a été fixé immédiatement à l'Ouest au moyen de digues submersibles, et, d'autre part, la Sée et la Sélune qui, réunies au-dessous d'Avranches, débouchent dans la baie au S.-E. et divaguent à travers la grève de tangue.

Dès le XIe siècle, furent exécutés des travaux de défense, destinés à protéger les marais de Dol. Des travaux de même ordre furent ensuite exécutés, mais ce ne fut qu'à la fin du XVIIIe siècle que fut accordée une concession de conquête proprement dite, à faire sur la mer. Au milieu du XIXe siècle, il ne restait à peu près rien des conquêtes d'abord réalisées, et une nouvelle concession fut accordée, en 1856, à la Compagnie Moselmann, devenue depuis celle des Polders de l'Ouest. C'est cette Compagnie qui, conformément à son cahier des charges, exécuta l'endiguement du Couesnon et construisit la digue de Roche Torin qui, partant de la pointe de cette roche, située immédiatement à l'Ouest de l'embouchure de la Sélune, se dirige vers le Mont, à 1600 mètres duquel elle s'arrête.

D'autre part, le Syndicat de défense du littoral du Sud-Est de la baie dériva trois petits cours d'eau compris entre le Couesnon et la Sélune, de façon à en rejeter un à l'embouchure de celle-ci,

à l'Est de la digue de Roche Torin, et les deux autres dans le Couesnon.

Enfin, sur l'avis d'une Commission nautique, ayant pour mission de chercher les moyens de rendre la navigation plus facile dans la baie du Mont Saint-Michel, l'État construisit la digue insubmersible actuelle, de 1930 mètres de longueur, reliant le Mont à la terre ferme, à peu près parallèment au Couesnon (décret du 25 juin 1874).

Carte de la baie du Mont Saint-Michel donnant le cours des rivières Sée et Sélune à la fin du deuxième trimestre des années 1906 à 1911.

Ainsi qu'on s'en doute, l'attention se concentre sur le secteur ayant le Mont pour sommet et dont les deux côtés sont dirigés suivant la digue insubmersible et suivant la direction de la digue de Roche Torin. L'angle au centre est de 78°,30 ; mais la partie la plus intéressante est la partie voisine du Mont, limitée par un arc distant de 1000 mètres du pied des remparts.

Grâce à des relevés des laisses des diverses marées faits depuis 1884, on a pu calculer le volume des tangues au-dessus de la cote 10 m., à l'intérieur de ce secteur réservé, et en déduire la cote moyenne des grèves.

Nous reproduisons intégralement le tableau ainsi dressé, donnant les résultats pour toutes les années pour lesquelles on possède les courbes des laisses de marée.

Années	Volume des tangues au dessus du plan horizontal (10 m.)	Cote moyenne des grèves	Années	Volume des tangues au-dessus du plan horizontal (10 m.)	Cote moyenne des grèves
1884	1 334 000 m. c.	11m,62	1907	1 552 800 m. c.	11m,88
1885	1 324 500	11m,60	1908	1 703 500	12m,06
1886	1 392 000	11m,69	1909	1 621 000	11m,96
1888	1 344 500	11m,63	1910	1 741 400	12m,11
			1911	1 898 400	12m,28
1896	1 196 500	11m,45			
1897	1 302 900	11m,58			
1898	1 388 000	11m,68			

« De l'ensemble de ce tableau il résulte, dit M. Lecocq, que, dans l'ensemble du secteur réservé, le niveau moyen des grèves s'est élevé de 0m,66 de 1884 à 1911 ; la cote la plus basse a été observée en 1896. — De 1896 à 1911, l'exhaussement total a été de 0m,83, dont 0m,40 pour la période de 1907 à 1911. »

Comment cet exhaussement se répartit-il entre les diverses zones du secteur réservé ? La surface des grèves dans celui-ci peut être approximativement assimilée à une surface conique ayant son sommet sur la verticale du centre du secteur et pour directrice le profil en long de la grève suivant l'arc de cercle limitant le secteur (cette assimilation permet de calculer la cote moyenne des grèves à moins de 10 centimètres près, en plus ou en moins) (1). Or il résulte des profils en long relevés chaque

(1) Il s'agit, bien entendu, d'un cône renversé, ayant sa pointe en bas, d'un entonnoir.

année suivant cet arc, que la surface des grèves présente deux zones étroites qui sont relativement en équilibre, ne subissant que des variations de faible amplitude. Ce sont :

1° Une zone comprenant la droite qui va du Mont au Moulin de Montitier, droite suivant à peu près un thalweg ;

2° Une zone qui correspond à la ligne de faîte, symétrique de la limite Nord du secteur par rapport à la droite allant du Mont au Moulin de Montitier.

Bien que la ligne de faîte soit peu éloignée de la digue insubmersible, elle en est séparée par une dépression très marquée. Le régime des dépressions est d'ailleurs lié à celui des pluies : c'est ce qui explique que, de 1906 à 1911, le fond de la dépression voisine de la digue s'est abaissé de $1^{m},60$. Tout montre du reste que les eaux douces, en si petite quantité qu'elles soient, sont capables, par un écoulement assez fréquent, d'empêcher tout exhaussement des grèves, de maintenir celles-ci dans un état d'équilibre et de détruire des herbes arrivés presque à maturité.

Envisageant dans le secteur réservé neuf zones, M. Lecocq étudie les variations du niveau moyen dans chacune d'elles, et il arrive à cette conclusion générale que l'exhaussement est toujours plus grand dans le secteur au N.-E. de la ligne de Montitier que dans le secteur au S.-O. de cette ligne.

« Ce résultat, dit-il, est remarquable car, étant donné que le courant de flot porte d'une manière générale de l'Ouest vers l'Est, il devrait se produire à l'abri de la digue insubmersible, des remous favorables aux dépôts des tangues ; au contraire, les courants de flot, se développant librement au N.-E. du Mont Saint-Michel, devraient s'opposer à la formation des dépôts dans cette partie.

» Il semble à priori que, si la digue a une influence sur les dépôts des tangues, ceux-ci devront être les plus importants au voisinage de la digue ; ils seront minima au Nord-Est du Mont.

» Or, les courants sont bien tels que nous venons de l'indiquer ; nous avons effectué des mesures du courant en des points précis, à 500 et 900 mètres des remparts sur la ligne de Montitier ; nous avons enregistré des courants de $1^{m},80$ par seconde à la marée de fin septembre 1909, dont le coefficient était 114 ; nous avons observé qu'au S.-O. de la ligne de Montitier se produisent des remous qui ramenaient les flotteurs au point de départ après un temps plus ou moins long, et qu'au contraire, à l'Est de la

même ligne, le courant de flot semblait être uniforme avec la direction N.-N.-O. à S.-S.-E.

» Or, les résultats enregistrés ci-dessus sont absolument contraires à ceux qui, à priori, sembleraient devoir être une conséquence des troubles apportés aux courants de marée par la digue insubmersible : c'est dans les zones de 80 mètres et 120 mètres de largeur immédiatement voisines de la digue insubmersible que l'exhaussement était minimum ; c'est dans la partie du secteur qui est le plus éloignée de la digue insubmersible que l'exhaussement des grèves est le plus important.

» Nous en concluons que la digue insubmersible est sans effet sur les atterrissements et qu'il ne faut pas compter sur les courants de marée pour détruire les atterrissements existants ou pour en empêcher la formation de nouveaux.

» D'autres actions que celles des courants de marée doivent exister ; ce sont elles qu'il faudra utiliser dans la lutte contre les atterrissements. »

Étudiant ensuite la relation entre les mouvements des grèves et les déplacements des rivières Sée et Sélune, M. Lecocq fait les constatations suivantes (voir la carte ci-dessus) : en 1905 et 1906, les rivières s'appuient sur la digue de Roche Torin sur une grande longueur ; depuis 1907, elles s'en sont détachées progressivement et se sont éloignées vers le Nord ; en 1909, cependant, les rivières sont un peu plus rapprochées du Mont qu'en 1908. Or on a vu que, depuis 1907, la cote moyenne des grèves s'élève constamment, en présentant cependant un léger abaissement de 1908 à 1909. Bref, il semble qu'on peut formuler la loi suivante : « Toutes les fois que les rivières Sée et Sélune se rapprochent du Mont Saint-Michel, le niveau moyen des grèves s'abaisse aux abords du Mont dans le secteur réservé et plus généralement dans le Sud-Ouest de l'arrière-baie (1) ; toutes les fois que les mêmes rivières s'éloignent du Mont, le niveau moyen des grèves s'exhausse aux abords du Mont dans le Sud-Ouest de l'arrière-baie ».

Et voici les conclusions pratiques de M. Lecocq :

« Pour déterminer un abaissement du niveau des grèves aux abords du Mont Saint-Michel et par suite pour lutter contre l'ensablement du Mont, il faut s'efforcer de diriger les rivières

(1) Notons que, de 1908 à 1909, l'abaissement n'a été que de $0^m,06$ dans le secteur au N.-E. de la ligne de Montitier, mais a atteint $0^m,13$ dans le secteur S.-O.

Sée et Sélune vers le Mont et en tous cas lutter contre leur tendance à s'avancer dans le Nord de l'arrière-baie.

» La Sée, guidée par la pointe du Grouin du Sud, coule avec la direction générale du Nord-Est au Sud-Ouest. La Sélune coule du Sud-Est au Nord-Ouest, elle a tendance à divaguer dans le Nord ; or, cette dernière rivière a un débit plus important que la Sée (20 m. c. par seconde en eaux moyennes contre 8 m. c. pour la Sée) ; il en résulte que c'est ordinairement l'influence de la Sélune qui l'emporte, les rivières sont rejetées dans le Nord avec la direction moyenne du Sud-Est au Nord-Ouest.

» Il est permis de croire que l'on augmenterait l'action de la Sée et que l'on maintiendrait les rivières dans le Sud de la baie en prolongeant le Grouin du Sud par une digue submersible qui guiderait plus longtemps et plus complètement la Sée. L'action de cette digue serait d'autant plus certaine qu'elle constituerait un barrage de la Sélune qui rendrait moins facile son acheminement vers le Nord.

» L'action de la digue du Grouin du Sud serait contrariée et limitée par la digue actuelle de Roche Torin. Aussi, pour obtenir un résultat plus complet, il semble que l'on doive envisager la suppression de cet ouvrage ; il suffirait d'ouvrir une coupure de quelques centaines de mètres dans une partie judicieusement choisie de cette digue pour permettre aux rivières de la Sée et de la Sélune réunies de s'introduire dans la zone qui se trouve actuellement au Sud de la digue de Roche Torin, entre cet ouvrage et la côte. A la faveur de cette coupure, le reste de la digue serait pris à revers par les rivières et serait vite détruit par les vents et les marées (1).

» Quel sera l'effet des travaux envisagés ?

» Il ne faut pas espérer que les travaux que l'on exécutera, quels qu'ils soient, seront capables de supprimer de façon complète et définitive tout atterrissement dans une partie de la baie. C'est une loi générale que la mer ensable les golfes et ronge les caps ; il est normal que la baie s'ensable et que les herbus s'y forment.

» Dans le pays, l'on se souvient encore qu'en 1840, avant même que les travaux de la baie fussent commencés, on était obligé de déblayer les tangues qui empêchaient le libre accès de

(1) M. Lecocq note qu'il serait nécessaire de protéger le littoral Sud-Est de la baie par une digue voisine de la côte, afin de prévenir des désastres analogues à ceux de 1855-1856.

la porte du Mont aux voitures ; l'ensablement était alors plus important qu'il ne l'est actuellement. Il faut donc s'attendre à ce que l'effet reconstructeur de la mer se produise et que des herbus ou tout au moins des atterrissements se forment.

» A cette tendance naturelle on peut opposer heureusement l'action destructive des rivières ; celles-ci sont capables de détruire les dépôts marins ou tout au moins d'en compromettre la stabilité et la permanence. Les rivières qui coulent à travers les tangues de la baie du Mont Saint-Michel sont susceptibles d'anéantir tout atterrissement et tout herbu : pourvu qu'elles puissent y atteindre, la destruction sera plus ou moins prochaine, mais certaine.

» La région qui est la plus intéressante dans la question du Mont Saint-Michel est celle qui se trouve au Sud-Est du Mont ; or une coupure dans la digue de Roche Torin permettrait aux rivières Sée et Sélune d'atteindre cette région, la digue du Grouin du Sud guiderait les rivières vers elle et y concentrerait leur action. Les atterrissements et les herbus qui se formeraient dans l'avenir au Sud-Est du Mont y seraient exposés à une destruction plus ou moins rapide mais certaine ; l'instabilité des grèves y serait aussi grande qu'il est possible de le désirer dans une zone un peu étendue de la baie du Mont St-Michel. L'on ne réaliserait pas ainsi l'insularité du Mont, mais on lui conserverait son caractère si bien défini par sa dénomination ancienne de Saint-Michel des Grèves. »

A la lecture de cette étude si intéressante, la pensée s'est imposée à nous que la grande faute commise jadis fut le détournement des trois petits cours d'eau qui se jetaient dans la baie entre le Couesnon et la Sélune et qui, malgré leurs faibles débits, « rendaient instables les atterrissements de cette partie de la baie ». Il eût évidemment fallu les endiguer jusqu'à une digue de défense parallèle à la côte, mais il ne fallait pas les rejeter dans le Couesnon et la Sélune. Aujourd'hui, les travaux projetés sont peut-être plus rationnels, vu le faible débit de ces cours d'eau, mais nous ne serions pas surpris qu'un jour ou l'autre ceux-ci fussent rendus à leur ancien cours.

On sait combien l'année 1912 a été humide : aussi avons-nous demandé à M. Lecocq quels changements elle avait amenés dans la baie. Un phénomène très intéressant s'est produit, les rivières Sée et Sélune étant arrivées à suivre la digue de Roche Torin sur $2^{km},200$. « Alors que, à la fin de 1911, les tangues s'élevaient en pente douce depuis le lit des rivières, sur le Grouin du Sud,

jusqu'à la digue de Roche Torin, dont elles recouvraient le talus Nord jusqu'à 1^m ou 1^m50 au plus au-dessous du couronnement, en 1912, la Sélune s'appuyait sur cet ouvrage ; le niveau des tangues, sur les 2 200 mètres ci-dessus avait baissé en six mois de 2^m50 à 3^m, sinon plus. »

Malheureusement la cubature des tangues dans le secteur réservé n'est pas encore faite ; on sait seulement que, dans les deux zones voisines de la digue insubmersible, de 80 et 120 mètres de largeur, des mouvements inverses se sont produits : dans la première, la plus voisine de la digue, il y a eu un abaissement moyen de $0^m,09$, beaucoup plus que compensé par un relèvement de $0^m,21$ dans la seconde zone.

G. Lechalas.

XII

Handbuch der Pharmakognosie, par A. Tschirch, Liefer. 31, 32, 33. — Leipzig, Ch. Tauchnitz, 1913.

Trois nouveaux fascicules de l'œuvre remarquable du prof. de pharmacognosie de l'Institut de pharmacie de Berne viennent de paraître. Ils sont consacrés aux essences et renferment entre autres une étude sur la rose et son essence, sur les graminées à huiles essentielles du groupe des *Cymbogogon* et *Andropogon* fournissant les essences de géranium ou de pélargonium du commerce. Dans ces mêmes fascicules on trouve également l'étude de la lavande, des diverses essences de *Citrus :* d'oranges amères, de mandarines, de petits grains, de Néroli, de bergamote, de la térébenthine, de la mélisse, de l'angélique, de la menthe poivrée, du santal, de l'Acorus Calamus, etc.

Comme dans les fascicules précédents, toutes ces études sont accompagnées d'une ample documentation : photographies, schémas, croquis d'après les anciens, cartes de distribution des cultures. L'œuvre de M. le prof. Tschirch, qui doit être complète en 40 fascicules environ, constituera une encyclopédie qui comprend bien plus que ne l'indique son titre. Elle doit être consultée par tous ceux qui s'occupent de chimie organique, de botanique et du commerce des produits d'origine végétale ; elle intéresse donc également les planteurs.

É. D. W.

XIII

Botanique coloniale appliquée, par M. Dubard. Un vol. in-8° de 348 pages, 146 fig. dans le texte. — Paris, Aug. Challamel, 1913.

On se préoccupe beaucoup dans toutes les métropoles coloniales, et assez bien chez nous, d'enseignement colonial. Très souvent nous voyons discuter ces questions et proposer des programmes ; malheureusement très souvent aussi ils sont peu pratiques.

Il ne s'agit pas de faire un enseignement colonial très général, ou très spécial uniforme, il est nécessaire d'appliquer l'enseignement aux divers buts coloniaux et il convient surtout de faire ressortir pour le candidat colonial la très grande nécessité de l'observation rigoureuse des phénomènes qui se présentent dans la nature, car c'est cette dernière que le colonial doit particulièrement étudier, c'est d'elle que doit venir la richesse.

Bien que nous ne soyons pas très enclin à mettre entre les mains des candidats coloniaux des cours tout préparés, il faut cependant reconnaître que des traités s'occupant de matières coloniales peuvent rendre de grands services, car trop souvent le professeur chargé de tels enseignements ne pourra, par suite de la diversité des éléments à présenter, faire un exposé complet du sujet et devra renvoyer à des auteurs.

Bien des lacunes existent actuellement dans cette littérature spéciale et nous devons signaler celles qui sont petit à petit comblées. M. Dubard vient de publier le cours de botanique coloniale qu'il a donné à l'École supérieure d'Agriculture coloniale de Nogent et a rendu là un service signalé en mettant entre les mains des professeurs, et des élèves, un mannel qui forme une base sur laquelle pourra s'étayer un enseignement plus spécialisé.

Il a en XV chapitres examiné, somme toute, tous les détails botaniques qui peuvent être utiles au colon et surtout à celui qui sera amené à s'occuper d'agriculture, la seule source durable des richesses tropicales.

Ces chapitres sont consacrés successivement à la récolte et à la préparation des échantillons botaniques, à l'étude microchimique des principales substances contenues dans les cellules végétales, à celles des bois, des matières textiles et des produits de sécrétion.

Environ 150 figures intercalées dans le texte facilitent la compréhension de l'exposé.

Nous ne pourrions entrer ici dans quelque détail sur les divers chapitres de ce livre, mais nous avons tenu à le signaler, parce que pour tous il y a à glaner dans les pages qui le constituent.

Nous voudrions cependant pouvoir reproduire une grande partie du premier des chapitres, car l'auteur y présente certaines idées que fréquemment aussi nous avons défendues, que nous avons été heureux de voir si bien exposées et qui trop souvent ne sont pas mises, malheureusement, à exécution.

M. Dubard veut bien insister sur le fait que l'inventaire des richesses économiques des possessions françaises, si nécessaire pour la mise en valeur rationnelle des colonies, est actuellement à peine ébauché ; il l'est à peine aussi pour les possessions des autres métropoles et il ajoute : « Quoique les missions d'études aient une tendance à se multiplier, elles ne pourraient suffire à mener à bien cet immense labeur,... il est nécessaire que parmi les fonctionnaires coloniaux et parmi les colons se recrutent des auxiliaires bénévoles et zélés, dont l'horizon ne se borne pas à leur seul rôle administratif ou à la simple gestion de leurs entreprises, mais qui, doués de vues plus hautes, se préoccupent de mettre en lumière toutes les ressources encore ignorées des régions qu'ils fréquentent et de réunir tous les matériaux nécessaires à leur étude ».

C'est là une phrase que tous les coloniaux feraient bien de méditer, c'est aux gouvernements à favoriser le recrutement de ces auxiliaires, à les encourager, c'est aux écoles à former ces collecteurs qui doivent posséder des qualités qui sont, comme le dit M. Dubard, « plus nombreuses et plus rares qu'on ne le croirait de prime abord ».

« Un collecteur, dit M. Dubard, qui sait bien comprendre son rôle, ne doit pas se contenter d'accumuler des matériaux au hasard de la rencontre. Il doit savoir grouper autour de chaque échantillon une foule de renseignements qu'on ne peut trouver que sur place. »

Quels sont les agents qui doivent être spécialement préparés? M. Dubard nous répond très justement : « les agents des services agricoles ou publics, qui, par la direction même de leurs travaux, sont le plus désignés pour jouer ce rôle de collecteurs intelligents et pour inventorier les productions naturelles, dont ils sont le mieux placés pour tirer parti ».

Faut-il insister sur ces paroles ?

Bien que cette thèse ait été fréquemment combattue, nous pensons que tout homme consciencieux devra en reconnaître la justesse et qu'il est du devoir de tout organisme colonial de marcher dans cette voie, qui est celle du progrès durable.

Il est grandement à souhaiter que les leçons de M. le Prof. Dubard profitent à tous ! Il est temps qu'on mette sérieusement en pratique ses conseils et que l'on instruise ceux qui doivent, là-bas, au delà des mers, mettre en valeur nos territoires coloniaux.

L'objectif de cette instruction doit être celui que M. Dubard a eu en vue en publiant ses cours : « susciter le plus grand nombre possible de ces utiles collaborateurs et de leur fournir toutes indications destinées à faciliter leur tâche ».

É. D. W.

XIV

Der Manihot-Kautschuk. Seine Kultur, Gewinnung und Präparation, par le Prof. Dr A. Zimmermann. Un vol. in-8° de 342 pp., 151 fig. — Iéna, 1913, G. Fischer.

Parmi les questions coloniales, celles que soulèvent la culture, l'exploitation et le commerce des caoutchoutiers et du caoutchouc, sont en ce moment palpitantes.

Il s'agit, en effet, dans les conditions de crise actuelle, de préconiser la culture et l'exploitation d'essences capables de produire de bonne matière, avec le moins de frais possible. Cette essence est-elle unique ; peut-elle être partout cultivée ?

Il y a, on le sait, de nombreuses essences caoutchoutifères qui, il y a quelques années, ont eu successivement de la vogue, mais ont actuellement la plupart été abandonnées pour laisser la place à l'*Hevea*. Nous n'avons pas à discuter ici la valeur économique de cette dernière essence, mais à faire voir que si elle a pris beaucoup d'extension dans les cultures tropicales, certains agronomes sont restés, non sans raison, fidèles à d'autres plantes productrices. Parmi ces hommes il faut citer le prof. Zimmermann, qui, depuis des années, dirige la Station biologique d'Amani (Afrique orientale allemande), et n'a cessé de poursuivre des recherches sur la valeur culturale des *Manihot* caoutchoutifères.

C'est cette suite ininterrompue de recherches qui nous vaut aujourd'hui l'occasion de signaler l'ouvrage dont le titre est inscrit en tête de cette note et qui, pour la première fois, nous donne un aperçu complet de la question *Manihot*. Il nous fait voir que cette plante peut avoir un grand intérêt cultural, car elle peut produire dans des conditions où d'autres caoutchoutiers seraient incultivables.

Les données du livre de M. Zimmermann corroborent, une fois de plus, le principe que nous avons déjà souvent émis, qu'il faut à chaque pays ses producteurs spéciaux, et que vouloir uniformiser toutes les cultures, serait un danger économique.

Sans insister sur le contenu de ce remarquable travail, disons que M. Zimmermann admet comme rendement minimum d'une plantation de Manihot :

dans la	4e	année	50	kilos par	hectare
»	5e	»	100	»	»
»	6e	»	150	»	»
»	7e	»	200	»	»
»	8e	»	200	»	»

Ce qui, en comparaison des frais relativement peu élevés d'entretien et de préparation, est fort beau.

Naturellement la conclusion que l'on peut tirer de la lecture du livre de M. Zimmermann, n'est pas qu'il faut cultiver partout le *Manihot*, mais bien que si les conditions sont favorables, et l'auteur s'étend longuement sur elles, cette culture peut rapporter des bénéfices très appréciables.

On ne pourrait donc assez conseiller aux spécialistes l'étude de ce livre, et à tous ceux qui s'intéressent au caoutchouc, la lecture de plusieurs de ses chapitres, qui envisagent à côté des questions spécialisées des problèmes généraux de l'exploitation et du commerce de la gomme élastique.

É. D. W.

XV

L'Élevage de l'Autruche. Récolte et Commerce des plumes, par A. Ménegeaux. Un vol. in-8°, 156 pp., fig. dans le texte. — Paris, 1913, Aug. Challamel.

Il est utile, pensons-nous, de signaler aux lecteurs de la Revue, cette consciencieuse étude sur l'autruche, non seulement à cause de sa conscience même, mais surtout parce que dans ces derniers temps, il a été fréquemment question dans les milieux coloniaux belges, de la possibilité d'un élevage d'autruches dans certaines parties de notre colonie.

Le livre de M. Ménegeaux arrive donc à son heure, comme a pu le dire M. Edm. Perrier, qui a bien voulu écrire pour lui une courte préface.

L'auteur a décrit dans ce livre l'autruche et ses produits, il nous indique les qualités commerciales, les méthodes de récolte et le commerce des plumes, puis nous parle longuement de la domestication et de l'élevage, en terminant par un exposé de l'état actuel de cette industrie au Transvaal, dans le Sud-Ouest africain allemand, en Australie, en Algérie, en Tunisie, au Soudan, à Madagascar, en Égypte, aux États-Unis, à Nice et à Stellingen.

Le budget d'une ferme de 60 autruches comporterait :

Frais d'installation	4 250,00 fr.
Frais d'exploitation	4 121,25 fr.
Recettes	23 625,00 fr.

d'où 23 625 — 4 121,25 fr. = 19 493,75 fr.

Nous voudrions attirer l'attention sur certaines des conclusions de l'auteur, car à notre avis elles s'appliquent non seulement à l'élevage des autruches, mais à toutes les entreprises coloniales.

Avec on ne peut plus de raison il dit : « Comme on le voit, il n'est pas possible de s'improviser du jour au lendemain éleveur d'autruches. Le succès ne viendra qu'à ceux qui auront su au préalable s'entourer de tous les renseignements et qui, à leurs capitaux, sauront associer une activité, de tous les instants et une perspicacité, toujours en éveil, pour résoudre certains problèmes d'adaptation, et pour étudier les questions de plus en plus nombreuses que soulève encore cet élevage. »

Il serait à souhaiter que tous ceux qui se rendent dans les colonies se mettent cette phrase en tête, et qu'ils ne se risquent jamais dans une affaire en pays d'outre-mer, sans l'avoir au préalable étudiée, sans s'être documentés sur leur vie propre et sur celle de leur entreprise.

La publication de M. Ménegeaux est, dans son genre, un excellent vade-mecum, dont on doit conseiller la lecture à tous les colons africains.

É. D. W.

XVI

De Scrupulis. Psychopathologie specimen ad usum confessariorum, par le R. P. Ag. Gemelli, O. M., docteur en médecine et chirurgie, professeur honoraire d'histologie, professeur de médecine pastorale. Traduit de l'italien en latin par le Dr César Badii. Un vol. in-8°, 360 pages. — Florence, Libreria editrice fiorentina, 1913.

Ce volume est le second d'une série consacrée à la médecine pastorale (Quæstiones theologiæ medico-pastoralis, vol. II). Son auteur est bien connu dans les milieux les plus divers ; de même que nous avons applaudi ailleurs à ses travaux de pure science, nous nous faisons un plaisir de reconnaître ici le service qu'il rend à ses confrères en sacerdoce en mettant à leur portée, avec sa double compétence de médecin et de prêtre, les enseignements psychiâtriques qui peuvent leur être utiles dans le ministère des âmes. Le scrupule, sujet délicat s'il en fut, dut exercer de tous temps la sagacité des directeurs de conscience, et leur expérience, en s'accumulant, s'est singulièrement affinée. Pourtant, ici comme ailleurs, les principes de cure généraux et traditionnels, malgré la remarquable sagesse qui les inspire, ne portent pas en eux seuls la garantie de leur application judicieuse. Le médecin des âmes acquerra un doigté d'autant plus sûr et plus délicat que le symptôme morbide lui sera mieux connu, non seulement sur le terrain purement moral, mais dans ses multiples connexions psychophysiologiques. Le R. P. Gemelli rattache, avec infiniment de raison, le scrupule religieux au scrupule psychologique, si bien étudié, depuis quelques années, en clinique. Plus soucieux d'être utile que de paraître original, mais sans négliger pourtant l'apport de son expérience personnelle, il puise ouvertement la plupart des éléments de son livre à des sources bien connues et très sûres : nommons surtout, parmi les cliniciens et les psychologues, Pierre Janet, dont le nom et les travaux sont inévitables en cette matière, puis, parmi les vulgarisateurs ingénieux et personnels, le R. P. Eymieu,

qui avait tenté déjà une adaptation ascétique des conclusions de Pierre Janet.

Ce que nous venons de dire caractérise la tendance générale du livre du R. P. Gemelli : donner une idée exacte de son contenu, et surtout en faire une analyse critique, dépasserait trop les limites d'un compte rendu pour que nous songions à le tenter. Les six premiers chapitres sont un petit traité des états psychasthéniques, dont les lecteurs profanes auraient grand tort d'omettre la lecture : par contre, cette lecture n'apprendra rien de bien neuf à quelqu'un qui serait déjà familiarisé avec la psychopathologie moderne. Les chapitres 7 et 8 traitent de l'étiologie, du diagnostic et du pronostic de la psychasthénie à forme scrupuleuse. A tous, même aux médecins et aux directeurs expérimentés, se recommandent les chapitres 9, 10, 11, sur la direction et la cure des scrupuleux : ils y trouveront d'utiles suggestions et d'intéressantes remarques.

Dr J. Maréchal, S. J.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

ASTRONOMIE

Annuaire pour l'an 1913 publié par le Bureau des Longitudes. — Conformément aux dispositions inaugurées en 1904, le présent ANNUAIRE contient des tableaux détaillés relatifs à la géographie, à la statistique, à la métrologie, aux monnaies et à la météorologie, mais ne contient pas les données physiques et chimiques. Ce sera le contraire pour l'ANNUAIRE de 1914.

En vertu de ce même principe, la partie astronomique renferme les tableaux relatifs à la déviation de la verticale en France, à l'intensité de la pesanteur en divers lieux et au calcul des altitudes par les observations barométriques; il contient aussi les parallaxes stellaires, les étoiles doubles, les mouvements propres et la spectroscopie stellaire, tandis qu'on y a supprimé la sismologie, les cadrans solaires, la physique solaire et le tableau des petites planètes : ces matières seront développées à nouveau en 1914.

Comme déjà en 1912, les matières qui composent la partie astronomique ont été présentées dans un ordre plus rationnel, et la rédaction des notions fondamentales de l'astronomie a été entièrement refondue par M. Andoyer, qui a revisé aussi les tableaux numériques correspondants; les notions indispensables sur les calendriers en usage chez les divers peuples civilisés sont dues à M. Rocques Desvallées; les tables pour le calcul des hauteurs par les observations barométriques sont celles publiées, en 1896, par M. Angot, dans les ANNALES DU BUREAU CENTRAL MÉTÉOROLOGIQUE, et adoptées par la Commission internationale

d'aérostation scientifique; les tables relatives à la réfraction ont été tirées des tables plus étendues de R. Radau; M. P. Puiseux s'est chargé de l'article sur la constitution physique de la Lune; la notice très détaillée sur les comètes apparues en 1911 a été rédigée comme d'habitude par M. Schulhof, qui a revu aussi les éléments des satellites; le tableau des parallaxes stellaires a été revisé et étendu par M. Bigourdan, de façon à présenter l'ensemble des résultats les plus récents pour toutes les étoiles dont la parallaxe paraît supérieure à un dixième de seconde; enfin, M. de Gramont a revu son importante notice sur la spectroscopie stellaire.

Les tableaux qui se rapportent à la géographie statistique ont été mis à jour sous la direction de M. Rocques Desvallées; pour la France et l'Algérie on a introduit les résultats complets du recensement de 1911, et pour les pays étrangers on a publié les chiffres des derniers dénombrements connus.

On a revisé la table des mesures anglaises comparées aux mesures métriques d'après l'*Act* de 1897; un tableau correspondant pour les mesures des États-Unis a été tiré des *Smithsonian Physical Tables* (1910). Enfin M. le lieutenant de vaisseau Tillier a donné une note détaillée sur le tonnage des navires.

Deux notices scientifiques complètent le volume; la première a pour objet l'*Éclipse de Soleil du 17 avril 1912. Résumé des observations qu'elle a permis d'effectuer*, par M. G. Bigourdan; la seconde est consacrée à l'*Application de la télégraphie sans fil à l'envoi de l'heure*, par M. le commandant Ferrié. Viennent ensuite les discours prononcés par MM. Deslandres, Bigourdan et Poincaré aux funérailles de M. R. Radau, et les discours prononcés par MM. Guist'hau, Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, J. Claretie, Lippmann, Painlevé, Appell, Bigourdan et le général Cornille aux funérailles de M. H. Poincaré.

Parmi les données qui vont suivre, celles dont la source n'est pas indiquée sont empruntées pour la plupart au présent Annuaire.

Calendrier. — Depuis le mois de février 1912, on a adopté en Chine le Calendrier Grégorien, les mois étant désignés par leur numéro d'ordre.

Météorologie et physique du Globe. — La masse de l'atmosphère mesure $5{,}2 \times 10^{21}$ grammes. C'est un peu moins de la millionième partie de la masse de la Terre. Le volume total

de l'atmosphère étant représenté par 1, voici, en volumes partiels, sa composition chimique :

Au niveau du sol

Azote	Oxygène	Argon	Co^2	Hydrogène	Néon	Hélium
0,7803	0,2099	0,0094	0,0003	0,0001	0,000015	0,0000015

A différentes altitudes

	Az	O	A	Co^2	H	Ne	He
à 10 kilom.	0,8123	0,1816	0,0056	0,00015	0,00035	0,00002	0,00000
» 20 »	0,8423	0,1519	0,0031	0,00006	0,00147	0,00004	0,00002
» 50 »	0.7917	0,0703	0,0003	0.00000	0,13645	0,00000	0,00126
» 100 »	0,0010	0,0000	0,0000	0,00000	0,99448	0,00000	0,00453

Le taux d'abaissement de la température de l'air quand l'altitude croît, varie avec le climat, la saison, l'heure de la journée et l'état du ciel. Sa valeur moyenne, pour l'année, dans nos régions, est voisine de 0,55 degré centigrade par 100 mètres d'élévation. Pour l'établissement des cartes isothermes qui figurent dans les Bulletins quotidiens internationaux, la *Conférence météorologique internationale* a adopté la valeur 0,50.

On constate parfois, dans des couches basses, un décroissement initial très rapide, pouvant atteindre plus de 1° par 100 mètres, à partir du sol, et d'autres fois un décroissement très lent qui peut même devenir négatif.

Depuis quelques années, les ascensions aérostatiques, les ballons-sondes et les cerfs-volants ont permis d'étudier la distribution des températures dans l'atmosphère jusqu'à des altitudes de 16 kilom. Dans les couches basses, le décroissement est en général très faible, surtout pendant la nuit, et l'inversion s'y produit d'une manière assez régulière. Dans les couches comprises entre 5 et 11 kilom., le décroissement est très rapide ; au-dessus, on rencontre une zone où la température cesse de décroître et qui semble s'étendre au moins jusqu'à 16 kilom. Dans cette région le froid est très vif, la température y est voisine, en général, de 60° au-dessous de zéro. Il est à présumer qu'ensuite elle recommence à baisser et que la baisse ne s'arrête plus qu'à la limite de l'atmosphère.

Les tableaux suivants donnent les températures extrêmes observées au voisinage du sol, et avec les ballons-sondes :

Au niveau du sol

Températures les plus élevées	Paris	38°4	19 juillet 1881
	France (Montpellier)	42°9	19 juillet 1904
	Sahara	50° env.	
Températures les plus basses	Paris	— 25°6	10 déc. 1879
	France (dans l'Est)	— 30° env.	
	Sibérie (Verkhoïansk)	— 72° env.	

Dans la haute atmosphère

Température	— 80°	— 80°	— 85°
Altitude	14 800 mètres	11 000 mètres	9700 mètres
Station	Saint-Louis (États-Unis)	Vienne (Autriche)	Vienne (Autriche)
Date	25 janvier 1905	4 avril 1905	2 mars 1905

Voici d'après les mesures de Teisserenc de Bort, à Trappes, les hauteurs moyennes des nuages :

Nuages de glace	Cirrus	8940 m.	Strato-cumulus	1820 m.
	Cirro-stratus	7850 »	Cumulus (sommet)	2160 »
	Cirro-cumulus	5830 »	Cumulus (base)	1450 »
	Alto-stratus	5790 »	Fracto-cumulus	1400 »
	Alto-cumulus	3680 »		
Nuages de pluie	Cumulo-nimbus (sommet)			5490 m.
	» » (base)			2530 »
	Nimbus			1080 »
	Stratus (nuages bas ou brouillards élevés)			940 »

Le diamètre des gouttelettes formant les nuages et les brouillards est, en moyenne, de 0,02 millim. Les plus grosses gouttes de pluie observées (Wiesner, 1895) ont atteint 6,7 millim. de diamètre, à Buitenzorg (Java).

On a noté les chutes de pluie exceptionnelles suivantes : 1036 millim. en 24 heures, à Tcherrapoundji (Inde), le 14 juin 1876 ; 902 millim. en 24 heures, à Tanaba (Japon), le 19-20 août 1899 ; et 792 millim. en 22 heures, à Joyeuse (Ardèche), le 9 octobre 1827. Les averses les plus copieuses qui aient été enregistrées ont donné : 205 millim. en 20 minutes (10,25 mm. par minute), à Curtea de Arges (Roumanie), le 7 juillet 1889 ; 88,5 millim. en 20 minutes (4,42 mm. par minute), à Bordeaux

(Gironde), le 5 juillet 1883 ; 49 millim. en 13 minutes (3,8 mm. par minute), à Neufchâteau (Vosges), le 18 août 1892 ; 10 millim. en 3,1 minutes (3,2 mm. par minute), à Paris, le 10 juin 1905 : il eût suffi que cette averse durât un peu plus de 18 minutes pour donner autant d'eau qu'on en reçoit en moyenne au Parc Saint-Maur en une année.

Lune. — On ne relève sur la Lune aucun indice certain de la présence de l'eau ou d'une atmosphère.

Près de la moitié de la surface du disque lunaire est occupée par des taches grisâtres, généralement peu accidentées et situées en contre-bas des régions montagneuses qui les entourent. On leur a donné le nom de *mers*, mais on n'y observe jamais de réflexion spéculaire, comme celle qui se produirait sur une nappe liquide.

Dans l'intervalle des mers s'étendent des massifs montagneux, d'un relief irrégulier comme celui d'un amas de scories, parfois traversés de longs sillons rectilignes. Les sommets au relief le plus accentué présentent une blancheur plus vive. Ils se rencontrent le plus souvent à la limite des massifs et projettent sur les mers des ombres, qui dénotent des différences d'altitude tout à fait comparables à celles des grandes chaînes terrestres.

Par suite de leur élévation, certains pics peuvent apparaître comme des taches brillantes isolées au delà du terminateur (1). Les irrégularités qui en résultent deviennent parfois sensibles à l'œil nu. Les pics importants se révèlent aussi par les excroissances qu'ils forment au bord éclairé de la Lune quand la libration les amène sur le contour apparent.

On rencontre en grand nombre sur les mers, et plus encore dans les parties montagneuses, des bassins limités par une cassure nettement circulaire.

L'inspection des ombres montre que le bord de cette cassure est saillant, rattaché au plateau extérieur par une pente douce, au bassin intérieur par une pente bien plus prononcée. La dénivellation intérieure la plus forte peut atteindre plusieurs milliers de mètres, mais elle se fait souvent par une série de gradins et de terrasses.

(1) Ligne de séparation des parties éclairée et obscure du disque lunaire ; elle a la forme d'une demi-ellipse. Au moment de la *dichotomie*, le terminateur se réduit à une ligne droite, passant par le centre du disque.

Beaucoup d'auteurs ont désigné ces bassins sous le nom de *cratères*.

Le nom de *cirques*, qui préjuge moins leur mode de formation, semble préférable. L'assimilation avec les orifices volcaniques terrestres est difficilement acceptée pour les grands cirques, qui atteignent 200 km. de diamètre ou davantage, et pourraient aussi bien être classés avec les mers. Mais il existe sur la Lune beaucoup d'orifices relativement petits, larges seulement de quelques kilomètres ou atteignant la limite inférieure de visibilité. Les auréoles blanches dont ils sont souvent entourés peuvent être considérées avec vraisemblance comme des dépôts éruptifs.

Un assez grand nombre de cirques de dimension moyenne sont caractérisés par une vive teinte blanche, un rebord saillant, et la présence, vers le milieu de la cavité, d'un piton conique ou d'une masse montagneuse à plusieurs sommets. Ce massif central n'atteint presque jamais l'altitude de la cassure limite, ni même celle du plateau extérieur.

Quelques cirques sont le point de départ de traînées blanches qui rayonnent dans toutes les directions jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres de distance. Ces traînées franchissent sans déviation les vallées et montagnes situées sur leur parcours.

Leur présence, difficile à expliquer autrement que par des dépôts éruptifs, est considérée par certains auteurs comme fournissant la preuve de l'existence, dans le passé, d'une atmosphère autour de notre satellite.

On observe aussi à la surface de la Lune des sillons, rainures ou crevasses. Leur tracé, généralement anguleux, peut se maintenir rectiligne sur 100 km. de longueur ou davantage. Leur largeur, très variable d'une crevasse à l'autre, demeure pour chacune d'elles assez uniforme et ne progresse pas régulièrement comme celle d'une vallée d'érosion.

Ces fissures peuvent se croiser sans s'interrompre. Beaucoup s'arrêtent à la rencontre du bourrelet d'un cirque, mais on leur trouve des prolongements à l'intérieur du cirque ou du côté opposé.

Les régions montagneuses présentent aussi des digues saillantes, rectilignes comme les fissures, sur de grands espaces, et disposées en séries parallèles. Beaucoup de ces digues suivent le tracé de tangentes communes au rempart de plusieurs cirques. Elles paraissent avoir limité le développement de ceux-ci, en leur imposant des formes polygonales.

Un examen attentif du relief de la Lune montre que la tendance à l'étirement et à la dislocation de l'écorce y a prédominé de beaucoup sur la tendance au plissement. Même dans les cas où il y a eu compression latérale, celle-ci a eu pour conséquence un bombement général de la région comprimée, plutôt qu'un plissement proprement dit. Ces deux circonstances établissent une différence nette entre l'orogénie lunaire et l'orogénie terrestre.

Constante solaire. — On donne le nom de *Constante solaire* à la quantité de chaleur solaire, exprimée en calories-gramme, qui, aux limites de l'atmosphère, est reçue en une minute par une surface de 1 cm^2 normale aux rayons. On ne peut évidemment la déterminer directement ; les mesures sur lesquelles repose son estimation sont faites à la surface de la Terre ; elles exigent donc des corrections multiples et délicates qui laissent une grande latitude à l'interprétation. On s'y est repris bien des fois depuis trois quarts de siècle. Voici les résultats principaux de ces recherches exprimés en calories-gramme :

Pouillet (1837), 1,8; Hagen (1860), 1,9; Forbes (1872), 2,8; Violle (1875), 2,6; Crova (1878), 2,8; Langley (1884), 3,1; Sawelief (1889), 2,9; Pertner (1889), 3,9; Vallot (1896), 1,7; Crova et Hansky (1897), 3,4; Rizzo (1898), 2,3; Scheiner (1908), 2,3.

Il y a quelques années, l'opinion générale était défavorable au résultat de Pouillet et à ceux de même ordre : on croyait qu'ils devaient être fortement majorés et que cette constante était au moins égale à 3 calories comme le croyait Langley.

Aujourd'hui, les idées semblent se modifier : la tendance actuelle serait plutôt d'admettre que la constante solaire, peut-être légèrement variable, mais qui conserve à travers les âges une invariabilité générale, loin de dépasser 3 calories, en atteint à peine 2. Ce revirement est dû surtout aux travaux de l'astronome américain Abbot et de son collaborateur Fowle qui, depuis 1902, ont repris cette étude à l'aide d'instruments perfectionnés et avec un soin minutieux, dans de longues séries d'observations faites à Washington, au Mount-Wilson et au Mount-Whihey; Abbot considère 1,93 comme le chiffre actuellement le plus vraisemblable.

Mais voici qu'un autre spécialiste de la question, F. W. Very, est d'avis opposé. Ce savant n'a pas seulement passé au crible

d'une critique serrée, les recherches d'Abbot et Fowle (1), critique à laquelle ces deux savants ont d'ailleurs répondu (2), il a lui-même fait de nouvelles mesures (3) avec l'actinomètre de Violle, par ballon-sonde, à une altitude de 13 km. 7, et à diverses altitudes, et en appliquant à ces données ses méthodes de réduction, il arrive à une constante solaire voisine de 3,5.

Il est probable que l'on discutera longtemps encore sur cette très importante donnée astrophysique.

Diamètre du Soleil. — On admet généralement que le disque du Soleil est parfaitement circulaire. Ce n'est pas qu'on n'ait cru trouver parfois, dans certaines séries d'observations méridiennes, des indices d'ellipticité, mais on fut porté à y voir le résultat d'erreurs accidentelles affectant des mesures très délicates et peu propres, semble-t-il, à résoudre le problème. On conserva donc la forme circulaire et, sur l'autorité du Dr Auwers, on adopta communément pour valeur angulaire moyenne du diamètre de ce cercle, variable au cours de l'année avec la distance du Soleil à la Terre, 31'59",63.

Depuis 1905, l'observatoire de Zô-sé (Chine) est engagé dans une série étendue de mesures des diamètres du Soleil au moyen de la photographie, et son directeur, le R. P. S. Chevalier, S. J., vient de soumettre ces mesures à une étude critique très serrée et d'un grand intérêt. Toutes les données d'observation et tous les détails de cette discussion font l'objet d'un important mémoire, publié dans les Annales de l'Observatoire de Zô-sé, et tiré à part sous le titre *Étude photographique des diamètres polaire et équatorial du Soleil* (1905 à 1910). L'auteur a consacré au même sujet un article qui a pour titre *Sur la forme du Soleil,* paru dans la livraison du mois de septembre 1911 (pp. 321-337) du Bulletin Astronomique, de l'observatoire de Paris ; une étude complémentaire qui confirme les premiers résultats, a paru dans la même publication (livraison du mois de décembre 1912, *Note sur les diamètres polaire et équatorial du Soleil*, pp. 473-475).

D'après ces recherches, si l'on désigne par P le diamètre polaire et par E le diamètre équatorial du Soleil, on aurait

$$P - E = 0'',11$$

(1) Voir le Bulletin Astron., t. XXX, janvier 1913, p. 5.
(2) Astrophysical Journal, t. XXXV, mars 1912, p. 92.
(3) Astrophysical Journal, t. XXXVII, janvier 1913.

et pour le diamètre moyen

$$31'59'',93.$$

Cette valeur, un peu plus grande que celle donnée par le Dr Auwers, est un minimum qui pourrait être porté à 32'0'',02.

Comètes apparues en 1911. — Le tableau dressé par M. Schulhof, dans l'Annuaire, renseigne 8 comètes observées en 1911.

La première, 1911 *a*, est une des 20 comètes périodiques fixées dans notre système, la comète Wolf, qui nous revient pour la troisième fois depuis sa découverte en 1884. Elle a été retrouvée photographiquement par M. Wolf lui-même, à Heidelberg, le 19 juin, à quelques secondes d'arc de la position assignée par l'éphéméride de M. Kamensky.

La comète 1911 *b* est nouvelle. Elle a été découverte photographiquement par M. C. C. Kiess, à Mount-Hamilton (Californie) le 6 juillet, et, indépendamment, par M. R. Moravansky, à Gaya (Moravie) le 5 août. Les éléments montrent une assez grande ressemblance avec ceux de la comète 1790 I, sauf pour le nœud. Comme cet élément se détermine particulièrement bien dans le cas d'une grande inclinaison et ne peut subir de trop fortes perturbations, l'idée de l'identité des deux astres doit être écartée.

La comète 1911 *c* a été découverte par M. Brooks, à Geneva (N.-Y.), le 20 juillet. Vers l'époque du périhélie, son éclat total égalait celui d'une étoile de 2e grandeur et la longueur de la queue atteignit au moins 30°. D'après M. Berberich, l'orbite de cette comète ressemble à celle de la comète de 1490.

La comète d'Encke, nous revenant pour la 29e fois, a été retrouvée le 31 juillet, à Alger, par M. Gonnessiat. On sait que la période de cet astre manifeste une diminution progressive qu'Encke attribua à l'action d'un milieu résistant. Cette accélération, d'une opposition à la suivante, était, jusqu'en 1858, de 0'',10 ; depuis 1871, elle était de 0'',0693 ; actuellement elle est égale à 0'',0126 : elle diminue donc de plus en plus depuis une cinquantaine d'années.

La comète 1911 *e* est la comète Borelly, observée en 1905, et qui en est à son premier retour. Elle a été retrouvée par M. Knox Shaw, à Helwan (Égypte), le 19 septembre, et le même jour à Nice, par M. Schaumasse.

La découverte, le 23 septembre, de la comète 1911 *f* est due à M. Quénisset à Juvisy. L'orbite se rapproche, dans son nœud descendant, jusqu'à 0,0295 de l'orbite terrestre. D'après M. Berberich, elle ressemble à celle de la comète 1790 III, découverte par Caroline Herschel.

La belle et brillante comète 1911 *g* a été découverte à l'œil nu, le 28 septembre, par M. Beljawsky, à l'observatoire de Siméis (Crimée). A l'époque de sa découverte trois belles comètes, celle-ci et celles de Brooks et de Quénisset, étaient simultanément visibles dans la soirée, ce qui ne s'était peut-être jamais présenté.

La comète 1911 *h* est une nouvelle comète périodique, dont la durée de révolution est de 7 années ; elle a été découverte par M. Schaumasse, à Nice, le 30 novembre.

M. Fayet reconnut bientôt le caractère elliptique de cette comète et attira l'attention sur la ressemblance des éléments avec ceux de la comète 1894 I (Denning). A ce sujet, M. Berberich a fait une remarque du plus grand intérêt : l'orbite de la comète 1911 *h* passe, à peu près, par le point où les orbites des comètes de Denning et de Brorsen se croisent. Si la véritable durée de révolution de la comète 1911 *h* était 6,8 années, les trois astres se seraient trouvés, en 1881, simultanément en ce point, indice d'une connexion intime entre eux.

M. E. Lamp avait autrefois affirmé que la comète de Denning ne serait autre que la comète de Brorsen, observée en 1846, 57, 68, 73 et 79, et disparue depuis 1879, ou un débris de cette comète, dont l'orbite aurait été fortement modifiée par suite d'une collision avec un autre astre ou d'une explosion formidable. M. Schulhof ayant montré qu'il faudrait, dans ce cas, supposer un changement de vitesse à peine admissible, émit l'hypothèse que les deux astres étaient des parties d'une grande comète, morcelée dans un passé tellement lointain que les perturbations des planètes, agissant différemment sur les deux débris, aient pu, avec le temps, modifier aussi profondément leur vitesse relative par rapport à Jupiter. Cette même explication peut s'adapter également à la comète Schaumasse, qui serait alors un troisième débris de l'ancienne grande comète hypothétique.

Grandeur et éclat des Étoiles. — Ce qui frappe tout d'abord, dans le spectacle de la voûte céleste, c'est la variété des étoiles : toutes n'ont pas le même *éclat*, ou, pour parler le langage con-

sacré, la même *grandeur*. Cette expression est le prolongement, dans le langage astronomique moderne, d'un préjugé des anciens, qui plaçaient toutes les étoiles à la même distance de la Terre et attribuaient dès lors aux moins brillantes les plus petites dimensions. Le préjugé a disparu, mais on continue à classer les étoiles par ordre de grandeur ou d'éclat apparent de telle façon que les plus brillantes correspondent aux moindres rangs de grandeur.

Dans l'échelle normale généralement adoptée aujourd'hui, on admet que l'*éclat* d'une étoile de $m^{\text{ième}}$ grandeur est $\sqrt[5]{100}$ fois plus grand que celui d'une étoile de grandeur $m+1$. D'après cela, si l'on désigne par e_m l'*éclat* d'une étoile de grandeur m et si l'on prend e_1 pour unité d'éclat, le logarithme de $\sqrt[5]{100}$ étant 0,40, on a

$$\log e_m = 0{,}40(1-m).$$

Il s'ensuit que les étoiles dont l'éclat est supérieur à l'*éclat unité* ont pour indices de leur grandeur des nombres négatifs. Ainsi, l'éclat de Sirius (α Grand Chien) est 9,12, et sa grandeur — 1,4, ce qui veut dire que Sirius est classé 2,4 rangs avant une étoile de rang 1 dans l'ordre des grandeurs.

Aldébaran (α Taureau) a, à très peu près, la grandeur 1 et l'éclat unité.

Treize étoiles sont plus brillantes qu'Aldébaran et ont, par suite, des grandeurs fractionnaires ou négatives ; ce sont, par ordre d'ascension droite croissante ; α Eridan (Achernar) 0,5 ; α Cocher (Capella) 0,2 ; β Orion (Rigel) 0,3 ; α Orion (Betelgeuze) 0,9 ; α Navire (Canopus) — 1,0 ; α Grand Chien (Sirius) — 1,4 ; α Petit Chien (Procyon) 0,5 ; α Croix (Acrux) 1 ; β Centaure (Agena) 0,8 ; α Bouvier (Arcturus) 0,3 ; α Centaure 0,2 ; α Lyre (Wega) 0,1 et α Aigle (Altaïr) 0,9.

L'éclat d'une étoile de grandeur 6 est 0,01 : il faut donc 100 étoiles de sixième grandeur pour réaliser l'éclat d'une étoile de première grandeur.

On a estimé (1) la *grandeur stellaire du Soleil* à — 26,5 ; l'éclat correspondant est 10^{11}, soit 100 billions de fois l'éclat d'une étoile de grandeur 1, ou plus de 10 billions de fois l'éclat de Sirius, la plus belle étoile du ciel. On a comparé aussi l'*éclat de la pleine Lune* à celui du Soleil et on a trouvé (Zöllner) approxi-

(1) Monthly Notices, t. LXIII, p. 164.

mativement $\frac{1}{600\,000}$. L'éclat de la Lune dans son plein équivaudrait donc, en chiffres ronds, à celui de 170 000 étoiles de grandeur 1, et la grandeur stellaire de notre Satellite serait -12 environ.

Le tableau intitulé *Positions moyennes d'étoiles* dans l'Annuaire (p. 98) contient 195 étoiles presque toutes supérieures à la grandeur 3. Leur éclat total n'atteint pas 8 fois celui de Sirius. Il est permis de penser qu'une constellation formée de quelque vingt Sirius rivaliserait d'éclat avec toutes les étoiles visibles à l'œil nu sur un même horizon.

Parallaxes stellaires. — On appelle *parallaxe annuelle* ou simplement parallaxe d'une étoile, l'angle sous lequel un observateur placé sur l'étoile verrait le demi-grand axe de l'orbite terrestre, ce demi-grand axe étant supposé placé perpendiculairement au rayon visuel. Cet angle est toujours extrêmement petit.

En désignant par a le demi-grand axe de l'orbite de la Terre, longueur très voisine de la distance moyenne du Soleil à la Terre, soit 149 501 000 kilomètres ; par n le nombre de secondes que contiennent quatre droits, soit 1 296 000, et par D la distance à la Terre d'une étoile dont la parallaxe, exprimée en secondes, est p, on peut donc écrire avec une approximation d'autant plus grande que p est plus petit,

$$a = \frac{2\pi}{n} \mathrm{D}p,$$

ou

$$\mathrm{D}p = \frac{na}{2\pi}.$$

Le produit de la distance D par la parallaxe p est donc constant ; la *valeur numérique* de cette constante varie avec le choix de l'unité de longueur : ce choix fait, à une parallaxe 2, 3 ... fois plus petite, correspond une distance 2, 3 ... fois plus grande.

Si l'on prend pour unité de longueur $a10^6$, ou un million de fois le demi-grand axe de l'orbite terrestre, la constante a pour valeur 0,206 ; et on a

$$\mathrm{D}p = 0{,}206. \qquad (1)$$

Si l'unité de longueur est 10^9 kilomètres, ou un trillion de kilomètre, la constante devient 30,835 ; on a dans ce cas

$$Dp = 30{,}835. \qquad (2)$$

Enfin, si l'unité de longueur est le trajet que parcourt la lumière en une année, on a, en utilisant à la fois la définition de la parallaxe p et celle du coefficient de l'aberration α, et en désignant par T la distance de l'étoile en années de lumière,

$$a = \frac{2\pi}{n} Tp \quad \text{et} \quad \frac{2\pi a}{1} = \frac{2\pi}{n}\alpha$$

d'où

$$Tp = \frac{\alpha}{2\pi}.$$

En prenant pour α la valeur adoptée aujourd'hui, 20,47, la constante devient 3,258, et on a

$$Tp = 3{,}258. \qquad (3)$$

Ce sont là les trois unités dont l'Annuaire fait usage dans le *Tableau des parallaxes stellaires ;* on retrouvera sans peine les nombres inscrits dans les colonnes I, II et T, en employant les formules (1), (2) et (3).

On remarquera que si l'on adoptait pour unité de longueur la distance de l'étoile dont la parallaxe vaut 1″, on aurait

$$Dp = 1,$$

mais cette unité n'est pas employée.

Nous ne connaissons aucune étoile dont la parallaxe atteigne 1″ ; les distances connues des étoiles dépassent donc toutes 3,258 années de lumière. Parmi les étoiles dont l'Annuaire donne les parallaxes, la plus voisine de nous est α Centaure, étoile de l'hémisphère sud, de grandeur 0,2, dont la parallaxe, 0,76 (Gill), correspond à la distance de 4,3 années de lumière. La Polaire, α Persée et γ Vierge, dont les parallaxes sont de même ordre, 0″,07, et les distances 46,6 années de lumière, sont les plus éloignées du tableau.

Les grandeurs respectives de ces trois étoiles sont 2,1, 1,9 et 3,7 : leur éclat apparent ne dépend donc pas uniquement de leur distance ; les valeurs angulaires des mouvements propres

annuels résultants des deux premières sont les mêmes, 0,05 ; mais celui de γ Vierge est 0,57 : ces valeurs ne dépendent donc pas non plus de la seule distance.

Cette remarque est générale : l'éclat apparent d'une étoile dépend de sa distance sans doute, mais aussi de ses dimensions réelles et de son éclat intrinsèque. Sirius, par exemple, est la plus brillante étoile du ciel ; son éclat apparent est 9,12 ; mais sa parallaxe 0,37 est relativement grande et, par suite, sa distance, 8,8 années de lumière, est petite. Au contraire, α Bouvier (Arcturus), α Navire (Canopus) et γ Cassiopée, dont les éclats apparents sont respectivement 1,91, 6,3 et 0,30, ont des parallaxes très faibles ; elles sont donc très éloignées de nous, et un calcul simple permet d'estimer leur éclat intrinsèque á 100, 30 et 60 fois celui de Sirius. Cette étoile ne serait donc pas la plus lumineuse du ciel, c'est à son rapprochement qu'elle devrait sa royauté.

Quant aux mouvements propres résultants, leurs valeurs angulaires sont liées à la distance, mais elles dépendent aussi des grandeurs réelles de ces mouvements et de leur direction par rapport á la ligne de visée. De lá des anomalies singulières entre les parallaxes de certaines étoiles et leurs mouvements propres. En voici un des plus curieux exemples.

L'Etoile 1830 Groombridge, de grandeur 6,5, a une parallaxe faible, 0,10, correspondant à la distance de 32,6 années de lumière, et son mouvement annuel 7″,05 est un des plus considérables que nous connaissions ; une seule étoile, 243 Cordoba Z(V^h) de grandeur 8,5, la dépasse á ce point de vue : son mouvement atteint 8″,71 par année, mais sa parallaxe est relativement grande 0″,31 et sa distance 10,5 années de lumière. Toutefois, il résulte d'une étude statistique s'étendant á un trés grand nombre d'étoiles, que la grandeur de leurs mouvements propres fournit un criterium plus sûr que leur éclat pour l'estimation de leurs distances. Le *tableau des parallaxes stellaires* de l'Annuaire contient 101 étoiles : 2 seulement ont un mouvement propre annuel inférieur á 0″,05, γ Dragon et γ Cygne qui ont des parallaxes de même ordre, 0″,10 et sont à 32,6 années de lumière de la Terre ; et 81 ont un mouvement propre annuel supérieur á 0″,50.

Le spectacle de la voûte céleste ne nous renseigne pas sur l'état actuel des mondes stellaires ; nous voyons aujourd'hui chacun d'eux tel qu'il était il y a un temps égal á celui que la lumière a mis à franchir la distance qui nous en sépare. Le

12 mars 1912, M. Euebo découvrait dans les Gémeaux une étoile nouvelle qui a fait l'objet d'études spectrales et photographiques à l'Observatoire Yerkes. Quinze clichés ont été pris aux époques les plus favorables pour déterminer sa parallaxe : on l'a estimée à 0″,011, ce qui correspond à 296 années de lumière. L'exaltation lumineuse observée en 1912 se serait donc produite en 1616, à l'époque où l'application de la lunette aux observations astronomiques permettait à Galilée de découvrir les montagnes de la Lune, quatre satellites de Jupiter, les phases de Vénus, la nature de la voie lactée, et de soupçonner l'existence de l'anneau de Saturne.

Nous avons vu que l'étoile du Tableau de l'Annuaire la plus proche est α Centaure. Nous n'en connaissons pas de plus voisine de nous. En existe-t-il ? C'est possible mais bien peu probable, et cette probabilité diminue chaque année dans la mesure où se multiplient sans succès les recherches destinées à nous révéler l'existence de ces étoiles plus voisines.

D'autre part, α Centaure est à peu près à autant d'*années* de lumière de nous, que Neptune, la dernière planète de notre système, est à d'*heures* de lumière du Soleil. Notre monde solaire nous apparaît donc comme un îlot perdu au sein d'un immense océan, l'espace interstellaire où se meuvent les étoiles.

Mouvements propres des Étoiles. — La configuration en apparence immuable des constellations a valu aux étoiles le nom de *fixes* qui les distingue des astres errants, les planètes. C'est à leur grand éloignement, qui fait du repos avec du mouvement, que les étoiles doivent leur immobilité relative ; en réalité, la comparaison des observations faites à des époques suffisamment espacées, et l'emploi du spectroscope, nous ont appris que les fixes se meuvent avec des vitesses généralement comparables à celle des planètes sur leur orbite. Cette découverte a exigé un travail long et délicat.

Si l'on compare l'ascension droite et la déclinaison actuelles d'une étoile à ce qu'elles étaient il y a un siècle, par exemple, on trouve qu'elles ont varié ; mais ces variations sont dues surtout à la précession et à la nutation, qui ne sont pas des mouvements des étoiles mais des changements de position des cercles de référence, provenant de la variation lente et continue de la direction de l'axe de la Terre. L'aberration intervient également dans ces variations purement apparentes. Elles dépendent de la position de l'Étoile sur la sphère et sont sensiblement les mêmes

pour toutes les étoiles visibles à la fois dans le champ du télescope ; on peut donc constater, en comparant des observations faites à des époques très éloignées, que les étoiles ont un « mouvement propre » les unes par rapport aux autres. Ce mouvement propre comprend à la fois le *mouvement parallactique* dû au déplacement du système solaire et le *mouvement réel* de l'étoile dans l'espace.

L'Annuaire donne les éléments des *mouvements propres* de 206 étoiles. Pour une centaine seulement, le mouvement propre résultant atteint ou dépasse 1″ par année, mais le nombre de ces étoiles augmente depuis que l'on étudie avec plus de soin les astres de plus faible éclat.

Le mouvement propre le plus fort, actuellement connu, est celui d'une étoile de grandeur 8, qui porte le n° 243 dans le Catalogue Cordoba zone V^h. Il atteint 8″,71 par année, ce qui donnerait 360° en 1490 siècles. Vient ensuite l'étoile 1830 Groombridge, de grandeur 6,4, dont le mouvement propre annuel est 7″,03. Parmi les étoiles très brillantes, il en est trois dont les mouvements propres sont relativement considérables : α_2 Centaure (3″,66), Arcturus (2″,28) et Sirius (1″,32). Depuis le temps de Ptolémée, Arcturus s'est déplacé de plus d'un degré.

La comparaison des observations fournit le mouvement propre annuel en ascension droite et en déclinaison : ce sont les nombres inscrits dans la seconde et la troisième colonne du tableau de l'Annuaire : appelons les $\Delta\alpha$ et $\Delta\delta$. Le premier $\Delta\alpha$ est donné en *secondes de temps ;* il faut donc le multiplier par 15 pour le traduire en *secondes d'arc ;* de plus, $\Delta\alpha$ est compté sur l'équateur ; il faut donc le multiplier par le cosinus de la déclinaison de l'étoile pour en déduire le déplacement correspondant sur le parallèle de l'étoile. Si l'on désigne par Δs la grandeur angulaire du mouvement annuel résultant, et par P son angle de position, compté à partir du cercle horaire de l'étoile, du nord vers l'est, on aura

$$\Delta s \sin P = \Delta\alpha \cos\delta \quad \text{et} \quad \Delta s \cos p = \Delta\delta$$

d'où

$$\Delta s = \sqrt{(\Delta\alpha \cos\delta)^2 + \Delta\delta^2}, \quad \operatorname{tang} p = \frac{\Delta\alpha}{\Delta\delta} \cos\delta$$

$\Delta\alpha$ étant exprimé en *secondes d'arc,* et le facteur de réduction $\frac{2\pi}{n}$ n'intervenant pas puisqu'il disparaît de lui-même. Les valeurs de Δs, en secondes d'arc, et les valeurs de P sont

inscrites dans les colonnes du tableau de l'ANNUAIRE intitulées « mouvement propre annuel résultant » et « direction ».

La connaissance du mouvement propre annuel, désigné généralement par μ, ne nous renseigne que très imparfaitement sur la grandeur réelle du mouvement de l'étoile ; il ne nous fait connaître, en effet, que la *valeur angulaire de la composante de ce mouvement perpendiculaire à la ligne de visée :* une étoile qui se déplacerait dans la direction même de cette ligne de visée aurait un mouvement propre 0, dans le sens donné à cette expression ; quelle que soit la direction de ce mouvement résultant, sa valeur angulaire nous fournit celle de la composante tangentielle de ce mouvement, mais nous laisse ignorer sa valeur kilométrique. Pour pouvoir la déterminer, il faut connaître la parallaxe de l'étoile en question.

Soit p cette parallaxe, a le demi-diamètre de l'orbite terrestre, μ la valeur angulaire de la composante tangentielle du mouvement de l'étoile exprimé en secondes, et x sa grandeur kilométrique, on a

$$a = \frac{2\pi}{n} pD,$$

$$x = \frac{2\pi}{n} \mu D,$$

d'où

$$x = \frac{\mu}{p} a.$$

a valant 149 501 000 kilomètres.

Ainsi, pour l'étoile 243 Cordoba Z(5^h) dont la parallaxe est 0″,31 et le mouvement propre annuel résultant 0″,71, on a

$$x = 28a.$$

Pour l'étoile 1830 Groombridge, qui a pour parallaxe 0″,10 (Brünnow), et pour mouvement propre annuel 7″,03,

$$x = 70{,}3a.$$

On passera aisément de là à la vitesse tangentielle par second ; on a, d'une façon générale et en chiffres ronds, pour la valeur de cette vitesse en kilomètres par seconde :

$$v_t = 4{,}736 \frac{\mu}{p}.$$

Elle vaut donc, pour 1830 Groombridge, plus de 330 kilomètres à la seconde, soit plus du millième de la vitesse de la lumière!

Pour pouvoir aller plus loin et calculer la *vitesse totale* de l'Étoile, il faut que les observations spectrales permettent de mesurer la *vitesse radiale*, c'est-à-dire la composante de la vitesse totale dans la direction de la ligne de visée. Cette mesure a été faite pour 1830 Groombridge, et a donné à peu près — 95 kilomètres à la seconde, le signe — indiquant que l'étoile se rapproche de la Terre. On tire de là, pour la vitesse totale, plus de 340 kilomètres à la seconde. A cette allure, un mobile ferait le tour de la Terre en moins de 2 minutes.

Parmi les étoiles dont nous connaissons la vitesse totale, 1830 Groombridge l'emporte de loin par sa rapidité vertigineuse, qui lui donne l'allure d'un météore, traversant notre univers stellaire sans que l'attraction des masses qui le composent soit capable de l'y retenir. D'autre part, les nombres que nous avons donnés n'ont rien d'absolu ; l'erreur qui affecte la parallaxe, en particulier, les atteint dans une assez large mesure. Si, au lieu de la valeur $p = 0'',10$ donnée par Brünnow, on admet, avec Kapteyn, $0'',14$, on trouve, pour la valeur de la vitesse tangentielle de 1830 Groombridge, 237 kilomètres à la seconde, et pour la vitesse totale 256.

Voici un second exemple qui s'écarte moins des conditions ordinaires. L'étoile 61 Cygne a pour parallaxe $0'',39$ (Johnson), pour mouvement propre annuel résultant $5'',16$ et pour vitesse radiale — 56 kilomètres à la seconde (Belopolsky). On tire de là que la vitesse tangentielle mesure 61 kilomètres à la seconde — le double à peu près de la vitesse de la Terre sur son orbite — et la vitesse totale 82 kilomètres.

On peut, à l'aide des données de l'Annuaire, résoudre maints autres problèmes simplement curieux, celui-ci par exemple : en supposant que 61 Cygne marche en ligne droite en conservant sa vitesse totale, quelle sera, dans l'avenir, sa plus petite distance au Soleil et à quelle époque y parviendra-t-elle? On trouve que cette plus courte distance vaut 6 années de lumière environ, et que l'étoile l'atteindra dans 200 siècles à peu près.

Nous avons dit que le « mouvement propre » d'une étoile comprend deux parts : son déplacement parallactique et son mouvement réel. Le Soleil, en effet, n'est pas fixe, et il nous emporte avec lui à travers l'espace. Il en résulte que les étoiles

semblent défiler sous nos yeux, avec une excessive lenteur, grâce à leur immense distance : c'est leur déplacement parallactique. D'autre part, elles-mêmes se meuvent réellement par rapport au système solaire, et c'est de la combinaison de ce double déplacement, l'un apparent l'autre réel, que résulte ce que l'on a appelé leur « mouvement propre ».

Comment les astronomes sont-ils parvenus à séparer ces deux parties ? Quels sont les éléments de la translation du système solaire ? Que savons-nous de l'ordonnance des mouvements réels des étoiles ? Ces questions ont été traitées dans la Revue : nous renvoyons le lecteur à l'article du R. P. J. Gaillard, S. J., intitulé *Courants d'Étoiles* (Troisième série, t. XVII, livraison du 20 janvier 1910, pp. 127-159).

L. R.

FRANÇOIS BLONDEL

ET SES ÉTUDES

SUR LES « NUOVE SCIENZE » DE GALILÉE

En étudiant l'histoire des sciences au XVIIe siècle, j'ai rencontré à plusieurs reprises le nom de François Blondel. Il se présentait surtout lorsque je fixais mon attention sur Vincenzio Viviani, avec qui Blondel entretint longtemps une affectueuse correspondance, dont il n'est parvenu jusqu'à nous que de très faibles traces (1).

Ce qui m'engagea principalement à m'occuper de Blondel et de ce qui nous reste de lui, ce fut la déclaration qui se lit à la fin d'une lettre, déjà imprimée (2), adressée par lui, à la date du 18 juillet 1661, au sieur Jacques Buot, plus tard son collègue à l'Académie Royale des Sciences. A propos de certaines doctrines enseignées par Galilée dans son important ouvrage les *Nuove Scienze* : « Il n'y a peut-être personne au monde, écrit-il, qui ait plus d'amour et d'estime pour tout ce qui vient de M. Galilée que moi, qui ai eu l'honneur d'être de ses derniers disciples. » Il ne m'en fallut

(1) Antonio Favaro. *Amici e corrispondenti di Galileo Galilei. XXIX. Vincenzio Viviani (Atti del R. Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti.* Tomo LXXII. Parte seconda). Venezia, premiate officine grafiche Carlo Ferrari, 1912, pag. 93.

(2) *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, depuis 1666 jusqu'à 1699. Tome V. A Paris, M.DCC.XIX, pag. 529.

pas davantage pour me mettre aussitôt à la piste d'un personnage qui, s'il faut ajouter foi à cette parole, dans son sens littéral, devrait prendre place dans la glorieuse phalange des disciples de Galilée, dont je me suis occupé si longtemps, sinon avec succès, du moins avec une très grande sympathie. Et quoique, sur ce point, les résultats de mes recherches n'aient pas répondu à mon attente, il vaut la peine, me semble-t-il, de les faire connaître ; car ils sont une contribution nouvelle à l'histoire des sciences, en ce XVIIe siècle qui vit la consécration définitive de la méthode expérimentale.

I

François Blondel naquit à Ribemont, en Picardie, l'an 1617. Son père, professeur de mathématiques, fut vraisemblablement son premier maître en cette discipline. La première mention que nous trouvions de lui ne remonte pas au delà du mois de juillet 1652. Précisément à cette époque, il entreprenait avec Henri Louis de Lomené, comte de Brienne, que son père, conseiller d'État, avait commis à ses soins, un voyage d'une durée de trois ans, dans le nord de l'Allemagne et de l'Italie. Il ne suit évidemment pas de là qu'avant cette époque Blondel n'ait jamais été en Italie ; mais aucun indice ne nous autorise à présumer qu'il y ait rencontré Galilée ni même Torricelli, dont il connaissait fort bien les œuvres. Il est sûr en tout cas qu'il connaissait Viviani avec qui, nous l'avons dit, il eut un commerce fréquent de lettres, dont il est resté peu de vestiges.

Une lettre de Blondel à Viviani, écrite de Paris le 26 septembre 1676, se rapporte à un de ses frères, le Chevalier Frère Méderic Blondel, appartenant vraisemblablement à l'ordre de Malte et dont nous possédons seulement une lettre insignifiante, adressée de

Calciana à Viviani et datée du 14 octobre 1675 (1). La première lettre à laquelle nous venons de faire allusion ne présente aucun intérêt scientifique. « Je prends la liberté, y lisons-nous, de vous écrire pour vous demander une grâce. Je reçus, il y a quelque temps une lettre du chevalier Blondel, mon frère, qui me marquait l'honneur qu'il avait de vous voir à Florence » ; et après avoir demandé des nouvelles, Blondel continue : « Il me mandait qu'il allait aux eaux de Saint-Cassien pour guérir de quelques incomoditez qu'il ressent (2). ».

Nous n'avons trouvé dans les manuscrits de Viviani que les minutes de deux des lettres écrites à Blondel. L'une d'elles, datée du 15 janvier 1677 (3), est une réponse à une demande de portrait. Viviani promet de le faire peindre et de l'envoyer. En attendant, il joint à sa missive la solution qu'il avait trouvée des « trois problèmes géométriques proposez par Monsieur Comiers, Prévost de l'église Collégiale de Ternant » (4), et qu'il avait déjà publiée (5).

La seconde lettre (6) nous retiendra davantage.

Jusqu'où faire remonter les premières relations per-

(1) Bibliothèque Nationale de Florence. Mss. Galileiani. *Discepoli,* tome LV, pag. 41.

(2) Mss. cités, pag. 104.

(3) Mss. Galileiani. *Discepoli.* Tome CXLII, car. 252.

(4) Journal des Scavants de l'an M.DC.LXXVI, par le sieur G. P. A. D. C. A Amsterdam, chez Pierre Le Grand, M.DC.LXXXIII, pag. 215-216.

(5) Vincentii Viviani, Serenissimi Mag. Ducis Etruriae Mathematici, *Enodatio problematum universis geometris propositorum a Clarissino ac Reverendissimo D. Claudio Comiers Canonico Ebredonensi, Collegialis Ecclesiae de Ternant Praeposito dignissimo. Praemissis, horum occasione, tentamentis variis ad solutionem illustris veterum problematis de anguli trisectione.* Florentiae, ex typographia Joannis Gugliantini, MDCLXXVII.

(6) Nous croyons utile de mettre le lecteur en garde contre la minute de la lettre qu'on lit dans les Mss. de Galilée. *Discepoli,* tome CXLIII, p. 110, et qu'on voit adressée là par Viviani « Al sommo Astronomo, Filosofo e Matematico incomparabile il Sig. B. Salute e vita nestorea » à la date du 15 août 1691. Celle-ci fut adressée, en effet, sans doute possible, à Boulliau, qui, après cette lettre, vécut encore trois ans, presque jusqu'à l'âge de quatre-vingt-dix ans, tandis que Blondel mourut en 1686, le 21 janvier suivant les uns, le 1 février suivant les autres.

sonnelles de Blondel et de Viviani ? Nous l'ignorons ; mais peut-être pourrons-nous rencontrer quelque indication à ce sujet dans la relation du voyage dont nous avons parlé et dont nous avons trouvé mention dans la *Bibliographie Universelle* de Michaud et dans la *Grande Encyclopédie*. Ce sont les seules sources qui nous aient fourni quelques informations biographiques sur Blondel. Cette relation de voyage fut imprimée plusieurs fois : en 1663 et en 1665, d'après la première source ; en 1660 et en 1662, d'après la seconde. Malgré nos recherches, nous n'en avons trouvé aucun exemplaire (1).

Rentré de voyage, Blondel fut employé à diverses reprises à de délicates missions diplomatiques. En 1657, il fut envoyé à Berlin afin d'aider d'Avangour et de Lumbre à maintenir dans l'alliance franco-suédoise l'électeur de Brandebourg, Frédéric Guillaume. Il nous l'apprend lui-même dans son livre *Nouvelle manière de fortifier les places*, dont il sera plus amplement parlé. En 1659, Blondel était attaché diplomatique près la Cour de Danemark, quand il reçut l'ordre de se rendre directement et par voie de terre à Constantinople, pour faire délivrer de la Haye, ambassadeur français près la Sublime Porte, de la captivité où il était retenu à Andrinople contre le droit des gens. On découvrit dans ces derniers temps une relation de ce voyage (2).

Au retour de cette mission, Blondel fut élu successivement Conseiller et Lecteur du Roi Louis XIV. Professeur de Belles Lettres et de Mathématiques du

(1) Pas même à la *Bibliothèque Nationale* de Paris. Cfr. *Catalogue général des livres imprimés de la Bibliothèque Nationale*. Auteurs, tome XIV. Blaquart-Boinvilliers. Paris, Imprimerie Nationale. MDCCCCIII, col. 353-356.

(2) *Relation d'un voyage de Berlin à Constantinople*, par François Blondel, Sieur de Croisettes et de Gallardon (novembre-décembre 1658) par M. Ch. Lucas (Extrait du BULLETIN DE GÉOGRAPHIE HISTORIQUE ET DESCRIPTIVE, N° 1, 1899). Paris, Imprimerie Nationale, 1900.

Dauphin, ses leçons de mathématiques furent livrées à l'impression (1). Plus tard, il enseigna les mêmes matières au Prince de Conti et au Prince de la Roche-sur-Yon, tout en donnant son enseignement mathématique au Collège Royal.

Il semble qu'il faisait déjà partie, en 1664, du petit cénacle de savants où furent pris, deux ans plus tard, les premiers membres de l'Académie Royale des Sciences. Lui-même fut agrégé en 1669 (2). Mais c'est de 1665 déjà que date la grande activité qu'il déploya comme architecte. Il commença à Saintes par reconstruire un pont sur la Charente, l'ornant d'un arc de triomphe. En 1666, avec Clerville, il trace le plan de la nouvelle place de Rochefort, pourvoyant surtout aux édifices militaires. Parti peu après pour l'Amérique, il raconte lui-même, dans l'ouvrage déjà cité, que vers la fin de 1668, il était revenu des Indes dites Occidentales, où le Roi l'avait envoyé comme commissaire pour visiter les possessions françaises et pourvoir à leur défense.

Au commencement de 1669, il venait d'être envoyé à Rome ; nous le trouvons en Toscane ; et le 10 février, il signe de sa propre main l'*Album amicorum* de Vincenzio Viviani (3). Nous aurons l'occasion de revenir

(1) *Cours de mathématique contenant divers traitez, composez et enseignez à Monseigneur le Dauphin*, par F. Blondel, etc. A Paris, chez l'Auteur et N. Langlois, etc. MDCLXXXIII. — On conserve à la *Bibliothèque Nationale* de Paris [Réserve. V. 1382 (1-2)] l'exemplaire relié en maroquin rouge avec le chiffre du Dauphin. — Cet ouvrage contient divers traités, comme l'indique le titre. Outre un « Discours sur les mathématiques en général », il est divisé en sections, comme suit : « La géométrie spéculative et la géométrie pratique », et « L'Arithmétique spéculative et l'Arithmétique pratique ».

(2) *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*. Tome II. Depuis 1686 jusqu'à son renouvellement en 1699. A Paris, chez Gabriel Martin, ecc. MDCCXXXIII, pag. 360.

(3) Biblioteca Marciana de Venise. Mss. n° 7573. — Cfr. *Serie decimasettima di Scampoli Galileiani*, raccolti da Antonio Favaro (*Atti e Memorie della R. Accademia di scienze, lettere ed arti in Padova*. Vol. XXIII). Padova, tip. G. B. Randi, 1907, pag. 24.

plus loin sur ce séjour en Italie, qui ne fut peut-être pas le dernier.

L'estime que le Roi avait conçue de lui comme architecte était si grande, qu'il ordonna par lettres patentes que les travaux publics de la Ville de Paris seraient désormais exécutés d'après les plans de Blondel. Celui-ci fut en même temps appelé à la fonction de directeur de l'Académie Royale d'Architecture. Les leçons qu'il donna en cette qualité ont été recueillies et publiées. Elles s'ouvrent par le Discours inaugural prononcé le 31 décembre 1671 (1). Ce discours, comme d'ailleurs l'ensemble de l'œuvre, témoigne de la culture profonde que Blondel avait de cet art et montre quel parti il avait su tirer de ses voyages pour l'étude des monuments anciens et modernes, dont il s'inspira constamment dans la conception de ses projets.

En 1672, on restaura sous sa direction la porte Saint-Antoine, démolie un siècle plus tard pour des raisons de commodité. Il exécuta un travail semblable, en 1674, à la porte Saint-Bernard. Mais il eut l'occasion de fournir la preuve de son talent en une conception entièrement originale, quand il fut chargé de la construction de la porte Saint-Denis. Le goût du temps lui a reproché d'avoir visé plutôt à la beauté des lignes qu'à l'ornementation. Peut-être n'eut il pas ici le champ complètement libre, car il dut s'incliner devant les exigences de l'autorité municipale, qui voulut une porte flanquée d'ouvertures latérales dont l'utilité, nulle alors, ne fut pas plus grande, lorsque l'ouvrage fut entièrement dégagé.

On a remarqué que Blondel avait coutume de com-

(1) *Cours d'Architecture enseigné dans l'Académie Royale d'Architecture*, etc. par M. François Blondel, etc. A Paris, P. Auboin et F. Clouzier, M.DC.LXXV. M.DC.LXXXIII. — *Notes et figures pour la réimpression de l'Architecture Françoise des bâtiments particuliers*, composée par Louis Savot. Paris, 1673, 1685.

poser lui-même les inscriptions gravées sur les monuments qu'il construisait. Il ne faut pas s'en étonner, car outre sa culture mathématique et artistique, il connaissait à fond les littératures classiques. Comme preuve de l'étendue de sa culture scientifique, rappelons son histoire du calendrier romain, rééditée plusieurs fois et traduite en italien (1); quant à sa culture littéraire, elle se révèle non seulement dans son œuvre poétique de jeunesse (2), mais dans une étude comparée de Pindare et d'Horace, toutes deux plusieurs fois imprimées et qui ont été l'objet de grands éloges de la part d'hommes compétents (3).

Il n'est donc pas étonnant que les contemporains, pour le distinguer de ses homonymes, aient attaché à son nom l'épithète de « le Grand ».

Il mourut dans les premiers mois de 1686 (4), comblé de mérites et d'honneurs.

II

Les événements militaires survenus au cours des années de la grande activité de Blondel, devaient

(1) *Histoire du calendrier romain qui contient son origine et les divers changemens qui lui sont arrivez*, par F. Blondel, etc. Paris, chez l'Auteur et N. Langlois, M.DC.LXXXII. – Réimprimé à La Haye, chez Arnoult Leers, M.DC.LXXXXIV. — Traduit en italien sous le titre : *La storia del Calendario Romano*, del Signor Francesco Blondel. Roveredo, M.DCC.XLVII.

(2) *La solitude royalle, ou description de Friderisbourg en vers*, par le Sieur Blondel. S. l. 1653.

(3) *Comparaison de Pindare et d'Horace*, par Monsieur Blondel, etc. Paris, C. Barbin, 1673. — A propos de cet ouvrage (287 pages in-12°) cfr. Jacques Le Paulmier, Κριτικὸν ἐπιχείρημα, *sive pro Lucano apologia*, etc. Lugduni Batavorum, 1704; et Janus van Berkel. *Dissertationes selectae criticae de poetis graecis et latinis*, etc. Lugduni in Batavis, 1707. – Publié aussi parmi les *Œuvres diverses* du R. P. R. Rapin, concernant les belles lettres. Tome premier. A Amsterdam, chez Abraham Wolfgang, M.DC.LXXXXIII.

(4) Je remplis le devoir de manifester ma reconnaissance à mon collègue et ami, M. le professeur Pierre Duhem, de la Faculté des Sciences de Bordeaux, qui m'est venu complaisamment en aide dans mes recherches sur Blondel.

naturellement attirer son attention sur les choses de la guerre. Il composa deux ouvrages remarquables sur l'art militaire : l'un sur les fortifications (1) et l'autre sur l'artillerie (2). L'imprimeur présente ce dernier livre au public en ces termes : « Ce fut en l'année 1675 que l'Auteur de ce Livre en présenta le manuscrit au Roy qui le receut d'une manière la plus obligeante du monde. Et comme Sa Majesté avait alors à soustenir la guerre contre les Nations les plus puissantes de l'Europe qui s'étaient liguées contre la France, Elle ne jugea pas à propos que la doctrine qui est expliquée dans cet Ouvrage devint publique dans un temps où ses ennemis auraient pû s'en prévaloir contre Elle. Ce livre eut alors le même sort que celui « de la Nouvelle manière de Fortifier les Places », que l'Auteur avait présenté deux ans auparavant à S. M. Et c'est seulement après avoir donné la paix à ses ennemis, qu'Elle a voulu que l'Auteur fit imprimer ces deux Ouvrages avec ceux de Mathématique qu'il avait enseigné à Monseigneur le Dauphin, voulant par ce moïen que le public pût profiter de ce qui s'est fait pour l'instruction de ce Prince. »

La présentation de ces deux ouvrages valut à Blondel le titre de « Maréchal de Camp ».

Dans le premier, il fournit maints détails sur les places fortes qu'il a rencontrées au cours de ses longs voyages. Parmi les italiennes, il mentionne particulièrement Palmanova, Forte Urbano en territoire de Bologne, Gênes, Malte et exalte, comme la plus belle,

(1) *Nouvelle manière de fortifier les places*, par M. Blondel, etc. Paris, chez l'Auteur et N. Langlois, M.DC.LXXXIII. Réimprimé en 1684, chez Arnoult Leers à La Haye; en 1699, chez Pierre Mortier à Amsterdam; de nouveau à La Haye, chez G. de Voys, 1711; et traduit aussi en langue russe et publié à Moscou en mars 1711.

(2) *L'art de jetter les bombes*, par Monsieur Blondel, etc. A Paris, chez l'Auteur et N. Langlois, M.DC.LXXXIII. Réimprimé en 1685 à La Haye, chez Arnoult Leers, et en 1699 à Amsterdam, chez Pierre Mortier.

la place de Portoferraio. Malheureusement, le manque absolu d'indications chronologiques ne permet pas de tirer de ces données de nouveaux éléments biographiques.

L'autre ouvrage est divisé en quatre parties. La première, intitulée « Opinions fausses du jet des bombes avant Galilée », contient une introduction historique, dans laquelle on appréciera à bon droit les contributions relatives aux travaux de Tartaglia sur cette matière. La seconde partie expose les « Pratiques de l'art de jetter les bombes » ; la troisième traite « De la théorie du jet des bombes » ; et la quatrième est consacrée à la « Résolution des difficultez qui se trouvent dans la doctrine du jet des bombes ».

La troisième partie présente seule un certain intérêt pour nous et nous allons en traiter brièvement.

Blondel commence par déclarer que toutes les pratiques qu'il a enseignées dans la seconde partie de son travail sont fondées sur les doctrines de Galilée et reconnaît en lui le premier qui ait raisonné avec exactitude sur ces matières et qui ait découvert la véritable nature du mouvement, tant du mouvement naturel que du mouvement violent, comme ils furent appelés pendant un certain temps. « Toute cette *science du mouvement*, écrit-il, aussi bien que celle de la *résistance des solides*, que cet auteur appelle *Sciences nouvelles* parce qu'il en est le premier inventeur, est contenue dans le livre de ses Dialogues intitulé *Discorsi e dimostrazioni Matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla mecanica e ai movimenti locali;* imprimé en Hollande par les Elzevirs en l'année 1638 (1). » Blondel continue en disant que les savants doivent marquer de la reconnaissance au Comte de Noailles, qui, ayant reçu en don le manuscrit de

(1) *Op. cit.*, pag. 148.

Galilée, prit soin de le publier. Blondel montre ainsi qu'il ajoutait pleinement foi à la fable inventée par le grand philosophe, avec la complicité de ses amis, pour éluder la surveillance du Saint-Office et la défense d'éditer et de rééditer ses œuvres en n'importe quel lieu, *nullo excepto*. Nous serions même tentés d'ajouter que par cet expédient Galilée réussit à surprendre la bonne foi de tous, excepté celle de ses ennemis, pour lesquels il avait eu recours à ce subterfuge.

Les deux *Scienze Nuove* furent l'objet d'une étude assidue de la part de Blondel. Nous indiquerons sommairement le parti qu'il a su tirer de la première et nous verrons après avec quel fruit il se livra à l'étude de la seconde.

Et quant aux propositions de Galilée sur le mouvement des projectiles, Blondel ne se contente pas de leur appliquer son analyse, mais il l'étend encore à toute la doctrine du mouvement à partir de la distinction du mouvement uniforme et du mouvement uniformément accéléré, et à partir des raisons par lesquelles il explique l'augmentation de vitesse qui s'y manifeste, s'en rapportant ainsi pour ces matières à ce qui est contenu dans les dialogues des *Massimi Sistemi*.

Galilée enseigne (1) que quelle que soit l'énergie de la poudre communiquant au projectile un mouvement horizontal, le poids du projectile l'entraîne toujours vers la terre suivant la verticale, comme si le mouvement horizontal n'existait pas en réalité; et de la composition du déplacement horizontal et du déplacement vertical, naît la ligne, courbe sur toute sa longueur, que décrit le projectile dans sa course. Le mouvement horizontal du mobile est uniforme et lui fait parcourir des espaces égaux en des temps égaux ; le mouvement

(1) *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, tome I. Depuis son établissement en 1666 jusqu'à 1683. A Paris, etc. MDCCXXXIII, pag. 231-235.

vertical est un mouvement accéléré suivant les lois de la chute des graves, lois établies par le même Galilée, en vertu desquelles les hauteurs dont le corps tombe sont entre elles comme les carrés des temps. Il s'ensuit que si le boulet à la fin d'un premier temps s'est éloigné d'une certaine distance horizontale et est tombé d'une certaine hauteur, à la fin du second temps, il se sera éloigné d'une distance horizontale double et sera tombé en hauteur d'une distance quadruple. Cela a lieu en tout autre point de la trajectoire. Ainsi donc les carrés des distances horizontales sont entre elles comme les hauteurs verticales, c'est-à-dire dans le même rapport que les ordonnées et les abscisses d'une parabole. Il suit de là qu'un projectile tiré horizontalement décrit une demi-parabole, ayant pour sommet le point où il quitte la bouche du canon. Galilée lui-même démontre ensuite qu'un boulet tiré obliquement décrit aussi une parabole, mais dont le sommet est au milieu de la course.

Tels sont les principes fondamentaux dont part Blondel. En spécifiant les différents cas qui peuvent se présenter, soit suivant la diversité des vitesses imprimées au boulet, soit suivant l'obliquité variable du tir, il raisonne en se laissant guider par la vraisemblance physique plutôt que par le scrupule géométrique qui avait servi de règle à Galilée. D'autre part, Blondel semble parfaitement au courant de l'extension donnée par Torricelli à la doctrine du Maître en cette matière (1). Voici la question qu'il proposa à l'Académie Royale : Si l'on veut frapper le sommet d'une tour, il faut que la parabole que le projectile décrirait entièrement dans l'air, s'il devait tomber sur un plan au niveau de la batterie, soit coupée et en quelque sorte arrêtée dans

(1) *L'art de jetter les bombes*, par M. Blondel, etc. A Paris, etc. M.DC.LXXXIII, pag. 60, 66, 76, 81, 223, 268.

sa course au sommet de la tour : on demande de trouver l'angle qu'il faudrait donner à la pièce d'artillerie pour que le projectile décrive justement la parabole qui passe par le sommet de la tour. Cette question attira l'attention de tous les géomètres de l'Académie et plusieurs proposèrent des solutions du problème ; la plus générale fut celle de Cassini.

Mais pour revenir à Galilée et à Torricelli, dans tout ce que Blondel dit à leur sujet, et dans l'expression fréquente des sentiments de profonde admiration qui l'animent à leur endroit, nous n'avons pas rencontré la moindre phrase capable de faire naître le soupçon qu'il ait connu personnellement l'un ou l'autre des savants italiens, et encore moins qu'il se soit entretenu avec eux des sujets qu'il traitait. L'occasion s'en présentait pourtant à chaque instant et il aurait dû être heureux de la saisir. Nous croyons donc qu'il faut conclure ainsi : si Blondel écrivit à Buot qu'il avait eu l'honneur d'avoir été un des derniers disciples de Galilée, il faut entendre qu'il le fut par l'intermédiaire de ses œuvres. On peut dire que le dernier disciple de Galilée, c'est-à-dire le dernier qui ait recueilli les paroles de vérité sur ses lèvres mêmes, ce fut Viviani. Blondel, qui étudia les doctrines du Maître et en fit la base de ses recherches, pouvait se dire, non des derniers disciples, mais des premiers continuateurs de Galilée.

III

Nous avons déjà signalé les mérites remarquables de Blondel comme architecte et nous avons énuméré ses études et ses travaux, soit comme professeur, soit comme artiste et comme constructeur. Nous nous sommes réservé toutefois de traiter ici de son mérite comme savant. Nous verrons paraître à la fois sa grande érudition et la finesse singulière de son esprit

dans la solution de quatre problèmes se rapportant à l'architecture (1) et à l'art de l'ingénieur. Nous nous proposons de donner une analyse succincte des trois premiers problèmes, nous réservant de traiter la solution du dernier d'une façon spéciale, car c'est précisément cette solution que nous avions en vue quand nous entreprîmes la présente étude sur Blondel.

Le premier problème résolu est énoncé dans ces termes : « Décrire géométriquement en plusieurs manières et tout d'un trait, le contour de l'enflure et diminution des colonnes ». La solution consiste à employer la concoïde de Nicomède, en suivant les indications données à ce sujet par Vignole pour les ordres ionique, corinthien et composite, et en les étendant aux colonnes toscanes et doriques, sauf à modifier convenablement l'appareil destiné à tracer cette courbe.

Dans ce sujet aussi, Blondel (2) trouve le moyen de se réclamer de Galilée et de sa théorie du mouvement exposée dans le dialogue des *Massimi Sistemi*. Il le fait (3) quand, étudiant l'application des sections coniques à l'amincissement des colonnes, il rappelle le procédé pour tracer commodément la parabole enseigné à la fin de la seconde journée des *Scienze*

(1) *Résolution des quatre principaux problèmes d'architecture*, etc., par M. François Blondel, etc. Paris, Imprimerie Royale, 1673. *Recueil de plusieurs traités de Mathématique de l'Académie Royale des Sciences.* [*Résolution des quatre principaux problèmes d'architecture*, par M. Blondel. — *Mesure de la terre*, par M. Picard. — *Traité de la percussion ou chocs des corps*, par M. Mariotte. — *Lettres* écrites par MM. Mariotte, Pecquet et Perrault, *sur le sujet d'une nouvelle découverte touchant la veüe faite par* M. Mariotte. — *Traité du nivellement*, par M. Mariotte. — *Traité des triangles rectangles*, par M. Frenicle]. Paris, Imprimerie Royale, 1676. — *Résolution des quatre problèmes d'Architecture*, par M. Blondel. *(Mémoires de l'Académie Royale des Sciences.* Depuis 1666 jusqu'à 1699. Tome V). A Paris, par la Compagnie des Librairies, M.DCC.XXIX. — Dans notre exposition nous nous sommes arrêtés à cette dernière édition.

(2) *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences.* Depuis 1666 jusqu'à 1669, Tome V. A Paris, par la Compagnie des Libraires, M.DCC.XXIX, pag. 381.

(3) *Le Opere* di Galileo Galilei. Edizione Nazionale sotto gli auspicii di Sua Maestà il Re d'Italia. Vol. VIII. Firenze, tip. di G. Barbera, 1898, pag. 186.

Nuove. A propos de ce procédé, il écrit qu'il l'a « fait heureusement appliquer par les charpentiers du Roy en la fabrique des vaisseaux et galères, pour ce qu'ils appellent leur donner beau galbe à la poupe (1) ».

Le second problème a pour titre « L'Apollonius François des tactions, ou trouver une section conique qui touche trois lignes droites données en un plan, et deux de ces lignes en un point donné de chacune ; ou bien décrire géométriquement les arcs rampants sur toutes sortes de pieds droits et de hauteurs ».

Dans le troisième problème, on se propose de « Trouver géométriquement les véritables joints de tête de toutes sortes d'arcs rampants ».

Dans le quatrième problème enfin, qui nous occupera davantage, Blondel veut « Trouver la ligne sur laquelle les poutres doivent être coupées en leur hauteur et largeur, pour les rendre partout également fortes et résistantes ».

La solution de cette dernière question est contenue dans deux écrits distincts ; l'un, en latin, qui parut vers la fin de 1661 (2), sous le titre suivant : « F(RANCISCI) B(LONDELLI) *Epistola* ad P(AULUM) W(URZIUM) (3), *in qua famosi Galilaei propositio discutitur, circa naturam lineae qua trabes secari debent ut sint aequalis ubique resistentiae et in qua lineam illam non quidem parabolicam, ut ipse Galilaeus arbitratus est, sed ellipticam esse demonstratur* » ; l'autre, en français : « *Second discours ou lettre au Sieur* B(UOT)

(1) *Mémoires*, etc. Tome V, etc., pag. 383.

(2) Parisiis, apud F. Clousier, 18 p. in-4°. — La lettre porte la date suivante : « Datum Farrae Viromanduorum [La Fère en Vermandois (Aisne)], pridie Idus sextiles A. D. M.DC.LVII.

(3) Paul Würtz naquit au commencement du XVIIe siècle à Husum dans le Schleswig, qui appartenait au Danemark ; il servit successivement sous le drapeau de la Suède, où il conquit le grade de général, et sous celui de Danemark et de Hollande comme feld-maréchal. Il mourut à Hambourg le 24 mars 1676.

pour la résolution de ses doutes sur les propositions du premier discours », c'est-à-dire de la lettre à Würz, publié avec la solution des trois problèmes précédents.

Dans cette seconde lettre datée de Paris, 18 juillet 1661, après le passage que nous avons déjà reproduit et dans lequel Blondel professe qu'il n'y a peut-être personne « qui ait plus d'amour et d'estime pour tout ce qui vient de M. Galilée que moi, qui ai eu l'honneur d'être de ses derniers disciples », on lit : « et qui ai travaillé depuis tant d'années à étendre cette doctrine de la résistance des solides dont il est l'inventeur, et qu'il a renfermée dans un petit nombre de propositions ; ayant pour ce sujet composé le livre que vous avez vu prêt à être donné au public il y a plus de douze ans, que j'appelle *Galilaeus promotus de resistentia solidorum;* et qui pouvant quelque jour être mis en lumière fera assez connaître ma reconnaissance, et le respect que je porte à la mémoire de ce grand Homme, que notre bon ami M. Gassendi appelait le Platon de ce siècle (1). »

Blondel fait donc remonter à plus de 12 ans avant cette lettre, c'est-à-dire au moins jusqu'en 1649, les études qu'il avait entreprises sur les doctrines enseignées par Galilée dans la seconde journée des *Scienze Nuove*. Ou, pour être plus exact, il affirme qu'à cette époque son travail était déjà complètement achevé et que Buot l'avait vu prêt à être livré à l'impression. Quoiqu'il ne le dise pas expressément, il avait donc terminé cet écrit avant la première lettre à Würz. Würz, lui aussi, s'était occupé des propositions de Galilée sur le profil à donner aux solides d'égale résistance. Le fait est confirmé par une lettre de Leibniz (2),

(1) *Mémoires*, etc. Tome V, etc., pag. 529.

(2) Indépendamment de cela, Leibniz écrivait encore en une autre occasion : Has autem aliasque id genus Galilaei sententias Paulus Wurzius, summis militiae honoribus rebusque gestis non ita pridem clarus, idemque horum

mais il résulte déjà avec certitude de la lettre même de Blondel. Nous y lisons en effet : « Quant à ce que vous m'écrivez, que les poutres taillées en profil parabolique, comme le prescrit Galilée, dans le but de les rendre partout d'égale résistance, n'ont pas complètement répondu à votre attente, je n'en ai pas été médiocrement frappé. J'ai toujours tenu Galilée en telle estime, qu'il ne me serait jamais venu à la pensée qu'un jour nous aurions eu à corriger quelqu'une de ses découvertes moins soigneusement conduite. Pourtant, à examiner la chose de près, et en soumettant à la discussion les propositions du 2d livre des méchaniques sur la résistance des solides, je dois avouer, puisque vous me demandez mon avis, qu'il en est comme vous le dites ; et je ne dissimulerai pas que Galilée s'est trompé. Il a cru pouvoir appliquer aux poutres soutenues à leurs deux bouts ce qui se rapportait d'après sa démonstration, d'ailleurs exacte, aux poutres encastrées d'un côté et libres à l'autre extrémité » (1).

Nous ignorons ce que Würz, si expressément interpellé, répondit à cette lettre où Blondel démontre la proposition, en passant en revue, outre le profil para-

studiorum valde intelligens, experimentis compluribus sumtis examinare olim aggressus est, successu quibusdam conclusionibus parum respondente. » (*Acta eruditorum* Anno M.DC.LXXXIV publicata, etc. Lipsiae, typis Christophori Günther, M.DC.LXXXIV, pag. 320).

(1) *Mémoires*, etc. Tome V, etc., pag. 478. — « Quod autem scribis, sectas a te ex praescripto Galilaei linea parabolica secundum altitudinem trabes, ut aequalis ubique forent resistentiae, non omnino expectationi tuae respondisse ; istud me primum non mediocriter commovit : tantae enim apud me existimationis vir ille semper fuit, ut inducere in animum nunquam possem, quicquam ab eo minus sapienter excogitatum posse a nobis aliquando resarciri. Verum re penitus introspecta discussisque iis propositionibus, quas de resistentia Solidorum 2 lib. Mechan. conscripsit, et quandoquidem tu me meam ea de re sententiam rogas ; ita me censere fateor, neque dissimulabo delusum sane ista ratione fuisse Galilaeum, ut ea trabibus utrinque fultis congruere arbitratus fuerit, quae tignis altera sui parte in murum infixis, alia vero libere prominentibus convenire recte demonstraverat. »

bolique, le profil hyperbolique, celui d'un quart de circonférence et de l'ellipse. Or, l'impression que nous fait ce premier écrit en forme de lettre, c'est que Blondel s'applique ici pour la première fois à l'étude du sujet, et cela, parce que Würz ayant reconnu, lui aussi, un manque de précision dans les propositions de Galilée, attira l'attention de Blondel sur ce point. Il est donc difficile d'admettre ce que Blondel affirme, comme nous l'avons dit, en terminant sa seconde lettre, c'est-à-dire que, vers la fin de 1649, huit ans avant la lettre de Würz, son travail aurait été déjà si bien achevé que le manuscrit était prêt pour l'impression.

Pourquoi Blondel n'aurait-il pas donné suite à ce projet d'impression ?

A cette époque ne s'était pas encore apaisée la polémique entre Alessandro Marchetti et le P. Guido Grandi, dont nous avons parlé ailleurs (1), et qu'il suffit de rappeler ici. Leibniz écrivit de Vienne à ce dernier, à la date du 3 mars 1714, la lettre suivante qui, dans son ensemble, est encore inédite (2) et que, pour ce motif, nous reproduisons ici.

« Au célèbre et Révérend Guido Grandi
Godefroid Guillaume Leibnitz S. P. D.

Je me réjouis de vous voir défendre (3) la réputation de Vincenzio Viviani, homme de grand talent et mon ancien ami. Mais je serais encore plus heureux, si

(1) Cfr. Antonio Favaro. *Amici e corrispondenti di Galileo Galilei. XXIX. Vincenzio Viviani* (*Atti del R. Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti.* Tomo LXXII. Parte seconda). Venezia, premiate officine grafiche Carlo Ferrari, 1912, pag. 93-98.

(2) Bibliothèque Nationale de Florence. Mss. Galileiani. *Cimento.* Tomo XXIX, car. 287.

(3) Par la *Risposta apologetica* du P. Maestro D. Guido Grandi, Camaldule, théologien et mathématicien de S. A. R. de Toscane, etc. *alle opposizione fatte gli dal Signor Dottore A*[*lessandro*] *M*[*archetti*] *nella sua dotta Lettera*

grâce à vous, se trouvaient sauvées de l'oubli ses remarquables idées, en particulier, celles sur la résistance des solides et le cours des eaux. Il fut chargé en effet du soin des eaux dans l'Étrurie Medicéenne et je ne doute pas que, consultant à la fois la géométrie et la nature, il n'ait dépassé Michelini par ses observations pratiques. Je crois que l'ouvrage italien de Guglielmini a paru du vivant de Viviani et je voudrais savoir ce que vous en pensez et comment vous jugez la controverse entre Guglielmini et Papin sur le même sujet. Je n'ai pas le temps d'examiner moi-même la chose. J'aime bien sa manière de tirer de l'examen même des figures beaucoup de résultats que nous obtenons, nous, par le calcul. Il existe d'ailleurs une méthode que j'appelle Analysis Situs, distincte de l'Analyse des grandeurs, qui est la seule connue. Mais personne ne l'a encore systématisée. Le procédé d'analyse des anciens en contient quelques germes, Viviani en a profité ; mais il y a là quelque chose de plus profond.

Comme Viviani a été le dernier des disciples de Galilée, je ne sais si on ne trouverait pas dans ses papiers quelques anecdotes entendues dans les conversations de Galilée.

Quant à la résistance des solides, j'ai indiqué autrefois dans les Acta Lipsienses (1) que le calcul se présente tout autrement si on considère que les fibres des corps résistants s'allongent, comme je le pense, avant de se rompre, au lieu de supposer avec Galilée, et, si je ne me trompe, avec Marchetti aussi, que la rupture se fait instantanément sans extension préalable. Blon-

diretta all' Eccellenza del Sig. B[ernardo] T[revisano]. Si difendono con tale occasione, il Galileo, ed il Viviani, e s'illustrano molte dottrine circa le resistenze de corpi duri, e circa la forza dell'Infinito. In Lucca, M.DCC.XII.

(1) *Acta eruditorum* Anno M.DC.LXXXIV publicata, etc. Lipsiae, typis Christophori Güntheri, M.DC.XXXIV, pag. 319 seq.

del avait composé un livre sur la résistance des solides, mais, après plus ample examen, il y avait totalement renoncé à l'époque où j'étais à Paris, peu de temps après l'année 1672. Paul Wurz, qui mourut général hollandais peu après le commencement de la guerre française, donc peu après la même année, avait étudié expérimentalement le même sujet. Ses résultats ne sont pas d'accord avec les vues de Galilée ; mais ses notes sont perdues (1). »

Dans ce passage, Leibniz affirme donc, lui aussi, que Blondel avait composé un livre sur la résistance des solides, mais que « re melius comperta » il en avait abandonné l'idée depuis 1672 ; nous ajouterons même,

(1) « Viro celeberrimo ac reverendissimo
Guidoni Grando
Godefridus Guilelmus Leibnitius S. P. D.

Gaudeo optimi et ingeniosissimi viri et mihi quondam amicissimi. Vincentii Viviani famam a te vindicari. Magis adhuc gaudebo, si beneficio tuo ab interitu vindicentur multae ejus praeclarae cogitationes, cum aliae tum de resistentia solidorum et de cursu aquarum, nam et aquarum curam habebat per Hetruriam Mediceam et haud dubie Geometriae ac naturae consultus multas ad usum observarat ultra Michelinum. Guilielmini librum italicum de aquis currentibus puto vivente adhuc Viviano prodisse et nosse optem quid de eo judicaris et quid de controversia Guilielmini cum Papino senseris circa idem argumentum. Mihi ista expendere satis non vacavit. Mihi placet ratio eius ex inspectione figurarum eruendi multa, quae nos assequimur per notandi artem. Est etiam aliqua quam voco Analysis situs, ab Analysi magnitudinis quae sola vulgo nota est diversa. Sed eam nondum quicquam constituit. Veterum processus Analyseos cuius semina quaedam continent, quibus usus est et Vivianus, sed altius aliquid in illis latet.

Cum Vivianus ultimus superstes fuerit discipulorum Galilaei, nescio an non quaedam in schedis eius extent Anecdota ex Galilaei sermonibus hausta.

Circa resistentiam solidorum notavi olim in Actis Lipsiensibus alium prodire calculum, si ut ego arbitror fibrae resistentium extendantur antequam rumpantur, quam si supponatur cum Galilaeo, et ni fallor etiam cum Marchetto, rupturam fieri sine praevia tensione, tamquam in momento. Blondellus librum de resistentia solidorum composuerat, sed re melius comperta, cum ego Parisiis agerem, id est paulo post 1672, totum revocarat. Paulus Wurzius, qui ductor exercitus apud Batavos paulo post initium belli gallici (id est paulo post eundem annum obiit) id argumentum tractarat per experimenta, quae Galilaeo haud consona deprehenderat, sed schedae eius periere ».

depuis quelques années, c'est-à-dire, depuis qu'il se savait devancé par Vincenzio Viviani.

Le fait deviendra clair dès que nous l'aurons exposé.

Les travaux que Viviani, le dernier disciple de Galilée, consacra à l'étude et à l'extension des doctrines du Maître, nous les avons mis en évidence dans la monographie que nous lui avons récemment consacrée. Ici nous désirons seulement rappeler que parmi les écrits sur lesquels s'était fixée en particulier son attention, se trouvèrent précisément les *Scienze Nuove* et, dans cet écrit, d'une manière plus spéciale encore, la seconde journée. Il avait été amené peu à peu à les étudier en recueillant de nombreux matériaux en vue d'un traité complet de la résistance des solides qu'il comptait développer.

Mais d'autres travaux absorbants, des occupations professionnelles variées, de fréquentes maladies, et peut-être aussi, le fait que les résultats obtenus ne le satisfaisaient pas, lui firent suspendre et remettre l'étude de cette question, jusqu'au moment où, gratifié d'une belle pension par le Roi Louis XIV vers la fin de l'année 1664, il eut l'idée de lui en prouver sa reconnaissance en achevant son ouvrage sur la résistance des solides et en le lui dédiant publiquement.

Dans l'entretemps, vers la fin de 1668 ou au commencement de l'année suivante, Blondel vint en Italie, et, à cette occasion, s'arrêta pendant quelque temps à Florence où il fut hébergé, comme nous en informe le Père Grandi, au monastère degli Angioli de l'Ordre des Camaldules (1). Il passa ensuite à Pise, puis à Rome. Il dut alors avoir, semble-t-il, avec Viviani un échange de vues au sujet de ses études sur la résistance des solides. Ce dernier lui montra le travail que lui-même avait composé sur le même sujet et lui dévoila son

(1) *Risposta apologetica*, etc. pag. 53.

intention d'en faire hommage au Roi de France. A la suite de cette confidence, Blondel lui promit de renoncer au projet de publier les résultats de ses propres études.

Mais, vers cette époque, le bruit arriva aux oreilles de Viviani qu'Alessandro Marchetti, nommé récemment professeur de logique à l'Université de Pise, était sur le point de faire imprimer un ouvrage qu'il se proposait d'intituler : « Galilaeus ampliatus de resistentia solidorum ». Marchetti était alors déjà élève de Borelli et l'on pouvait soupçonner le maître d'avoir collaboré à la composition de l'ouvrage et de pousser à sa publication. Déconcerté dans ses desseins, Viviani eut alors recours au Prince Léopold de Médicis, récemment créé cardinal. Celui-ci consentit à intervenir auprès de Marchetti pour obtenir de lui de surseoir, au moins provisoirement, à la publication de son ouvrage. C'est précisément à l'époque de ces pourparlers qu'il faut rapporter la lettre de Viviani à Blondel, dont nous avons fait mention et dont la minute est parvenue jusqu'à nous (1).

La voici en son entier :

Au Seigneur Blondel. Pise, 15 février, l'an de l'Incarnation 1668.

Illustre Seigneur, mon très honoré Patron.

La résolution qu'a prise V. S. Illustrissime de ne pas écrire à son Excellence le Seigneur Colbert avant d'être arrivé à Rome a été très opportune. Avec la même liberté que de coutume et comptant sur la foi que vous m'avez promise, je dois vous dire que le Sérénissime Cardinal m'a signifié aujourd'hui, qu'il avait la certi-

(1) Bibliothèque Nationale de Florence, Mss. Galileiani, *Discepoli*, t. XLVIII, p. 210.

tude absolue que cet Ami (1) a changé d'idée, qu'il ne traite point de la résistance des solides, qu'il ne fait jamais mention du traité de Galilée et ne le nomme même pas. Son Altesse m'a communiqué tout juste cela, rien de plus, disant qu'elle n'en savait pas davantage. Si donc il en est ainsi, je ne vois pas que je doive insister pour qu'on suspende la publication. Moi, à partir de ce moment, je vais, avec le courage que dans votre bonté vous m'avez inspiré, reprendre les labeurs de cette Vie (2), et, pour autant que me le permettra mon étrange mal de tête et mes occupations, auxquelles je ne puis me soustraire, je me mettrai en suite à ordonner et à développer le restant des matériaux informes que je vous ai fait voir. Dans le triste état où je suis il me faudra bien pour cet effet quatre fois plus de temps qu'il ne m'en eût fallu il y a 20 ou 25 ans.

En attendant, ni à Son Excellence, ni aux autres à qui j'écrirai, je ne parlerai en aucune façon de cette tierce personne, mais seulement de vous et de moi (3) dans le sens déjà arrêté. Que donc V. S. se contente aussi de faire la même chose, évitant de faire mention à qui que ce soit de cette tierce personne, car j'en recevrais, sous d'autres rapports encore, un préjudice que vous ne voulez point, je le sais, me causer. Je vous prie très vivement de faire savoir à Son Excellence et de proclamer où besoin serait le grand regret que j'éprouve, lorsque je considère qu'en tardant à faire connaître ma respectueuse gratitude à S. M. et à la

(1) Il est fait allusion ici à Marchetti et à la publication qui avait déjà été annoncée par deux de ses collègues à l'Université de Pise, Donato Rossetti et P. A. Van den Broecke.

(2) Celle de Galilée, qu'il voulait placer en tête de l'exposition des œuvres de Galilée, dans l'ouvrage à dédier au Roi de France.

(3) On lit ici sous une rature un passage important pour notre but. Il confirme les entretiens de Viviani et de Blondel *sur la résistance des solides*. On avait écrit d'abord : « Mais je parlerai seulement de moi et de mes affaires et de ce que je sais de V. S., qu'elle a travaillé sur cet objet ».

protection efficace de Son Excellence, je pourrais être tenu pour coupable (quand, en réalité, je suis innocent) surtout de la part de ceux qui n'ont pas entendu et n'ont pas vu ce que vous avez constaté et touché de la main, sans compter beaucoup d'autres choses, de peu de valeur sans doute, que j'aurais pu vous dire et vous faire voir si j'avais pu jouir plus longtemps de la sincère franchise de V. S. et si je n'avais craint d'abuser de votre patience.

Néanmoins il est au pouvoir de V. S. de me justifier suffisamment auprès de Son Excellence ainsi que auprès de l'illustre Seigneur Chapelain (1), qui s'est tant engagé pour moi ; et aussi auprès de l'un ou l'autre Seigneur, et non seulement de vive voix lorsque vous serez arrivé à Paris, mais aussi par lettre, aussitôt que vous serez arrivé à Rome, et encore auprès du Seigneur Carcavi (2), à qui aussi j'écrirai au sujet de ces notices pour la Vie, etc. Monsieur, homme d'honneur comme je professe de l'être, le grand empressement que je manifeste n'a d'autre but que de sauver ma réputation, qui à mon avis serait trop compromise, si il avait eu pour mobile la cupidité et le vil désir de ceux *quorum Deus est aurum* (3). C'est pourquoi, s'il plaît à l'incomparable complaisance et à la générosité des Illustres Seigneurs de la Moignon et de Bochamil, grâce à la requête et au mérite de V. S., de s'intéresser à cette justification que je désire ardemment, ils pourraient la fonder en vérité sur mon impuissance et sur l'envie

(1) Jean Chapelain qui l'avait proposé à Colbert pour une des pensions allouées par le Roi de France aux savants étrangers.

(2) Pierre Carcavi ou Carcavy ou Carcaville, qui avait rendu visite à Galilée vers la fin de 1634 et qui en voulait publier à ses frais les travaux : il avait déjà entrepris la traduction française du *Dialogo dei Massimi Sistemi*. Cfr. *Le Opere di Galileo Galilei*. Edizione Nazionale, *Passim*.

(3) Pour expliquer cette déclaration de Viviani, il est utile de rappeler qu'à cette époque s'étaient déjà élevées des plaintes parce que, honoré de la pension du Roi de France depuis le commencement de 1664, il n'en avait pas encore témoigné publiquement sa reconnaissance par la dédicace d'un ouvrage.

d'autrui. Je garderais à ces trois Seigneurs une dette d'infinie et perpétuelle reconnaissance.

J'ai parlé de l'envie d'autrui, parce que je sens qu'elle a été à tel point dans ce lointain Ami (1), qu'elle l'a porté à se dépouiller et à faire profiter autrui de ses propres travaux. Et je vois que auprès de ce voisin (2) il est parvenu à obscurcir la splendeur de notre antique amitié. C'est la seule chose qui me déplaise en eux ; car, quant à moi, je suis d'avis que celui qui se déshonore lui-même par une mauvaise action, ne pourrait jamais arriver à blesser la réputation d'autrui ; et V. S. a dit sagement que ces gens tournent contre eux-mêmes le venin de leur labeur. Laissons les donc sans envie dans leur rancune et en échange, que V. S. me garde son affection. Il est inutile de recommander à V. S., objet de tant de confiance, le secret au sujet des choses que j'ai voulu et pu vous confier autrefois ainsi que de celles qui sont venues s'y ajouter, afin que d'autres en ayant été renseignés ne me préviennent pas.

En vous priant d'assurer les Illustres Seigneurs Moignon et Bochamil de mon respectueux dévouement, je reste à jamais,

de V. S. Illustriss.

De Florence, le 15 février, de l'an de l'Incarnation 1668,

le très humble et très dévoué serviteur et le véritable ami.

V. V. (3).

(1) Il fait allusion ici à Borelli qu'on soupçonnait d'avoir collaboré au travail de Marchetti.

(2) Il est question ici de Magliabechi, mêlé lui aussi au débat, dont nous avons traité très en détail dans notre monographie déjà citée.

(3) « Al Sig. Bondel Pisa, 15 Febbraio 1668 Ab Incarnatione
Illustriss. Sig. mio Padron Colendiss.

Molto opportunamente risolse V. S. Illustrissima di non scrivere all' Eccellentissimo Sig. Colbert intorno a quel suo particolare, se non dopo arrivata a Roma, poichè con la medesima mia libertà, e sotto quella fede da lei promes-

Mais peu de mois après Viviani devait être déçu dans son espoir de voir Marchetti abandonner l'idée de

sami nel rimanente, devo dirle, come in questo giorno il Serenissimo Cardinale mi ha significato, d'aver avuto infallibile certezza che quell' Amico ha variato affatto pensiero, e non tratta punto di Resistenze de Corpi duri, nè fa mai menzione del Trattato del Galileo, e nè meno lo nomina. Tanto e niente più mi ha participato S. A., dicendo non saper altro; onde essendo così, non vedo, ch'io debba qua far instanza di sospensione, ma lascerollo uscir fuori; ed io da qui avanti, con l'animo, che V. S. Illustrissima per sua bontà me ne ha dato, ripiglierò le fatiche di quella Vita, e per quanto mi verrà permesso da questa mia così strana infermità della mia testa, e dalle sole necessarissime occupazioni, anderò seguitando ad ordinare e distendere il restante di quella materia informe che le feci vedere; la quale, nel cattivo stato, in che io sono, richiede da me ben quattro volte più di tempo di quello che averei avuto bisogno 20 o 25 anni addietro.

Fra tanto con S. Eccellenza o con altri a chi io ne scrivessi, non parlerò in conto alcuno di quella terza persona, ma solo dirò di lei e di me, nel modo gia fermato; e però V. S. ancora si contenti di far l'istesso, tralasciando con chi si sia di far menzione della medesima terza persona, perchè mi sarebbe, anco per altri rispetti di pregiudizio, il quale so che V. S. non vuole apportarmi. La prego bene vivamente a far noto all' Eccellenza Sua e propalare dove occorra, l'immensa passione che io provo nel considerare che per la tardanza in far palese la mia ossequiosa gratitudine alla M. S. ed all'efficacissima protezione di S. E., posso esser tenuto colpevole (quando io ne sono affatto innocente) e massime da quelli che non intesero nè videro quanto ella stessa ha da me sentito e toccato effettivamente con mano, oltre a quel molto di più, se ben tutto di poco valore, che averei potuto conferirle e farle vedere, se più tempo vi fosse stato per me di goder l'ingenuo candore di V. S. o non avessi temuto di abusare della di lei pazienza. Nondimeno ha V. S. Illustrissima tanto in mano da potermi sufficientemente giustificare appresso l'Eccellenza Sua e coll'Illustrissimo Signor Cappellano ancora, che si trova per me in tanto impegno, e non solo in voce al suo arrivo a Parigi, ma per lettera ancora, come istantemente la supplico a farlo, e con l'uno e l'altro Signore giunta ch'ella sia a Roma, e di più col Signore Carcavi, a cui pure scriverò a conto di quelle notizie per la Vita ec. Signor mio, da quell'uomo d'onore che io professo, questa sì gran premura che io ne ho è totalmente diretta alla sicurezza della propria riputazione, la quale, a mio sentimento, verrebbe troppo contaminata se stimolato fossi dall'ingordo e vil desiderio di quelli, quorum Deus est aurum. E perciò, se l'incomparabile cortesia e la generosità di cotesti Illustrissimi Signori De la Moignon e de Bochamil, a richiesta e col merito di V. S. si compiacerà d'interessarsi in questa mia bramata giustificazione, lo farebbero con fondamento di verità della mia impotenza e dell'altrui invidia etc., ed io ne conserverei a tutti tre lor Signori infinite e perpetue l'obligazioni.

Dissi dell'altrui invidia, perchè sento essere stata a segno in quell'Amico lontano, che l'ha indotto a spogliar sè e vestire altri delle proprie fatiche e vedo che in questo vicino ha avuto vigore d'offuscare il bel chiarore di una antica nostra amicizia, il che solo mi dispiace in riguardo loro; perchè quanto a me, sono di parere che chi con male azioni vitupera sè medesimo non possa

publier son travail (1). L'ouvrage en effet, fut imprimé, sauf les mots « Galilaeus ampliatus », dont Viviani s'était surtout senti offensé, et qui furent supprimés. Nous ne voulons pas passer sous silence la particularité suivante : De la préface de l'ouvrage il résulte que ce qui fournit à l'auteur l'occasion de s'occuper de son sujet, ce fut précisément cette même proposition de Galilée, dont l'inexactitude avait frappé Würz et Blondel. Voici d'ailleurs le texte même : « Il y a environ dix ans, comme je relisais attentivement le second Dialogue de Galilée, je rencontrai la proposition, dans laquelle il est montré que le Solide parabolique est partout d'égale résistance. Je fus stupéfié, je l'avoue, devant une si magnifique découverte ; d'autant plus que je lus plus loin dans Salviatus qu'à l'avenir on pourrait épargner dans la construction des navires et d'autres édifices un tiers des matériaux sans que la diminution de poids amoindrît la résistance. Mais, en y regardant de plus près, je commençai à soupçonner Salviatus de s'être laissé séduire par une apparence de vérité, quand il crut pouvoir appliquer à une poutre pesante et soutenue à ses deux extrémités, comme celles qu'il faut bien employer dans les navires, etc.,

mai arrivar ad offendere l'altrui riputazione, e saggiamente pronunziò V. S. che questi tali convertono in sè medesimi il veleno de' lor travagli. Lasciamoli dunque senza invidia nel lor livore, ed in quel cambio mi ami V. S., a cui è superfluo, come a sogetto di tanto credito, il raccomandare la segretezza di quelle cose che largamente io volli e potea allora confidarle, e quelle insieme che a lei giunsero nuove, affinchè altri illuminatone, non mi prevenga. E qui supplicandola a rassegnare a cotesti Illustrissimi Signori Moignon e Bochamil il mio riveritissimo ossequio, resto per sempre,

Di V. S. Illustriss.

Di Firenze, 15 Febbraio 1668 Ab Incarnatione,

Umiliss. Devotiss. Servo e vero Amico

V. V. »

(1) *De resistentia solidorum* Alexandri Marchetti, in Alma Pisana Academia ordinariam philosophiam publice profitentis. Florentiae, typis Vincentii Vangelisti et Petri Matini, Typographi S. M. D., MDCLXIX.

les propriétés que sa démonstration, excellente d'ailleurs, reconnaît au solide parabolique, supposé sans poids et fixé dans un mur.

J'en fis donc l'épreuve et, ô comme j'ai dû reconnaître que « quandoque bonus dormitat Homerus » ! Je montre donc que le solide en question, s'il est pesant et encastré soit par une de ses extrémités, soit par deux, n'est jamais d'égale résistance partout, comme Salviatus, malgré son talent remarquable presque en tous les domaines, s'est avancé un peu trop audacieusement à le déclarer (1) ».

Pour notre compte, nous ne doutons pas que le véritable motif pour lequel Blondel et Viviani ont renoncé à l'idée, l'un de publier un travail déjà prêt, l'autre de compléter l'étude, à vrai dire à peine ébauchée, de ce sujet, doit être cherchée dans le fait que tous deux furent prévenus par la publication de l'ouvrage de Marchetti. Il reste pourtant à Blondel le mérite d'avoir le premier, par la lettre à Würz, publiée en 1661, attiré publiquement l'attention des savants sur l'erreur de Galilée.

En guise de conclusion, nous voudrions faire remarquer que les études sur la résistance des solides, dont

(1) « Decem circiter abhinc annis, cum secundum Galilaei Dialogum attentius lectitarem, incidi in illam propositionem qua ostenditur *Solidum parabolicum esse ubique aequalis resistentiae*. Fateor me ad tam sublime inventum penitus obstupuisse, praesertimque cum perlegerim ea quae mox addit Salviatus, fore scilicet ut imposterum ligneis trabibus in navigiis aliisque aedificiis moliendis uti possimus tertia motis, adeoque ponderis parte imminutis nihil imminuta resistentia. At, re accuratius considerata, caepi mecum subdubitare an fortasse Salviatus illic veri specie fuerit deceptus, dum, ea quae Solido Parabolico convenire proprio pondere per intellectum denudato, parieti infixo, ex eoque libere ad pares angulos prominenti optime ostenderat Galilaeus, ipse sibi aptari posse persuasit eidem solido ponderoso et utrinque fulto, qualis in navigiis, etc. aedificandis uti certe necesse est. Facto itaque periculo, oh quam verum illud agnovi, quandoque bonus dormitat Homerus; ostendi enim praedictum solidum ponderosum sive una, sive binis extremitatibus fulciatur, nunquam tamen aequalis esse ubique resistentiae, ut Salviatus, maximo licet fere in omnibus vir ingenio, nimis tandem audacter iactitaverat. »

nous trouvons déjà des traces dans les *Questions mécaniques d'Aristote*, un monument merveilleux de science dans les manuscrits de Léonard de Vinci, ainsi que des compléments remarquables dans les travaux de Guidobaldo del Monte, ont été d'une certaine manière codifiées dans la seconde journée des *Scienze Nuove*. C'est de là que sont partis Torricelli, Würz, Viviani, Blondel, Marchetti et Ricci, puis plus tard, Mariotte, Varignon, Jacques Bernoulli, De la Hire et surtout Leibniz, qui dit de Galilée, à propos de l'inexactitude dont il a été question dans cet article : « usus hypothesibus non satis certis, ex fundamentis tamen positis recte ratiocinatus est ».

ANTONIO FAVARO.

L'ISLAM AUX INDES

SON INFLUENCE EXTÉRIEURE

L'Inde, on l'a dit plus d'une fois, avec la variété kaléidoscopique de ses systèmes religieux s'offre tout naturellement à l'étudiant comme une école de religion comparée. Qu'il s'agisse de Bouddhisme ou de Judaïsme, d'Hindouisme ou d'Islamisme, ou bien encore des soi-disant cultes primitifs, nulle autre région du globe ne présente un champ aussi fertile que le sien, aux recherches de l'ethnologie religieuse. On l'a appelée un musée de races ; nous pourrions l'appeler un musée de religions. Il suffit d'y mettre le pied pour se trouver en face des conceptions les plus diverses, les plus bizarres comme les plus élevées de la pensée religieuse, conceptions enchevêtrées les unes dans les autres et formant un tout complexe et confus, fort difficile à démêler.

De toutes ces influences si opposées, l'Inde a réussi — grâce à sa puissance d'assimilation — à effacer peu à peu l'empreinte et à les fondre graduellement dans la masse inconsistante de son polythéisme.

Seul, de toutes les religions non-chrétiennes, l'Islam a jusqu'à présent résisté à ce nivellement successif de l'idée religieuse; aussi a-t-il imprimé son cachet à lui sur le continent indien. Il a fait de l'Inde une puissance musulmane de premier ordre, la plus importante — par le nombre — des différentes communautés mahomé-

tanes du monde entier. L'Empire Indien compte en effet près de 70 millions de sujets musulmans, soit presqu'un quart de la population totale en excluant la Birmanie. Formant des groupements importants dans le Nord, ceux-ci deviennent de plus en plus clairsemés à mesure qu'on descend vers le Sud. Mais de l'Hindou Kouch jusqu'au delta du Gange et jusqu'aux lagunes du Malabar, les minarets blancs des mosquées mêlent partout leur svelte architecture aux « gopouras » pyramidales et aux « vimânas » (1) des pagodes. Ce n'est du reste pas seulement dans ses monuments que l'Islam affirme son existence aux Indes, mais c'est sur ses propres adhérents qu'il estampille d'un sceau tout particulier. Grâce à cette marque le touriste fraîchement débarqué n'aura pas de peine à distinguer l'élément musulman dans cette immense population. La figure énergique et grave, les traits prononcés, l'allure fière et déterminée, le physique robuste et sain, bien plus que les détails accidentels du costume révèlent les fils du Prophète au milieu de la cohue payenne.

Il est, du reste, des provinces où ce type forme le type dominant. Par exemple dans l'État de Kashmire, on le trouve partout ; les trois quarts de la population sont de religion musulmane. Au Punjab, pays limitrophe, plus de la moitié des habitants (53 p. c.) professent le même culte. Dans la vallée et le delta de l'Indus, même constatation. Nous sommes en effet aux portes de l'Inde. Comme nous le verrons bientôt, l'invasion mahométane s'étant produite par les défilés de l'Afghanistan et du Béloutchistan, rien d'étonnant que le croissant domine sur les provinces frontières. Il est

(1) Le « vimâna » est une tour curvilinéaire caractéristique des pagodes du Nord de l'Inde, de Bénarés par exemple. Le « gopura » est un porche monumental souvent fort élevé qui donne accès aux pagodes du Sud. Celles-ci en comptent plusieurs. La pagode de Srirangam près de Trichinopoly, la plus vaste de l'Inde, en a 15 dont la plus élevée a près de 200 pieds.

plus surprenant de voir qu'à l'autre extrémité de l'immense plaine Indo-Gangétique, les sectateurs de Mahomet l'emportent numériquement sur leurs compatriotes hindous. Dans le Bengale Oriental, ils constituent une très forte majorité : 66 p. c. (1). On aurait cru que le flot envahisseur eût pu à peine arriver au delta du Gange, à 2500 km. du Khaibar Pass, et c'est là précisément qu'il atteint son maximum de puissance. L'explication communément donnée est que l'Islam ne rencontra ici que des peuplades non-aryennes, mais mongolo-dravidiennes. Celles-ci n'avaient guère encore subi l'influence de la civilisation hindoue. Elles furent pour l'Islam une proie plus facile que les populations du Doab (le territoire entre le Gange et la Jumna) centre antique de la civilisation brahmanique. Aussi dans ce milieu plus résistant, dans les Provinces Unies, les Mahométans ne sont-ils que 11 p. c. de la population totale ; et plus nous nous éloignons du Nord, plus la proportion diminue. Au Maïssour, malgré le prosélytisme sauvage d'un Tipou Sahib (1742-1799), la proportion n'est plus que de 5 p. c. La côte du Malabar n'est qu'une exception apparente : le rivage occidental de la Péninsule exposé aux vents de la Mousson a toujours été la porte maritime de l'Inde. Les navigateurs arabes qui jusqu'à l'arrivée des Portugais monopolisaient le commerce dans l'Océan Indien et le golfe Persique, s'y établirent forcément en grand nombre pour les besoins de leur négoce. Leur influence ne devait pas toutefois dépasser l'étroite bande de verdure qui s'arrête aux Ghattes Occidentales.

C'est du Nord-Ouest — nous l'avons dit — que l'invasion musulmane devait se répandre en vagues gros-

(1) La proportion pour le Bengale entier est de 32 p. c. Le census de 1901 donne un total de 27 millions pour le Bengale et l'Assam, dont 18 pour l'Eastern Bengal et l'Assam (IMPER. GAZETTEER OF INDIA, vol. I, p. 491. Oxford 1907).

sissantes sur le continent Indien : histoire intéressante que cette conquête d'un nouveau monde. Nous allons la résumer rapidement dans ses grandes lignes.

Pour plus de clarté nous la diviserons en deux époques principales.

Une première, qui s'étend de 999 à 1526, époque de conquêtes, de déblaiement sur laquelle nous passerons légèrement.

Une seconde, qui va de 1526 à nos jours, époque de construction : l'Islam s'établit fermement sur le sol de l'Hindoustan, pénètre dans la vie même des peuples de l'Inde, devient partie intégrante de son patrimoine religieux.

Et d'abord, un mot sur l'invasion arabe qui précéda la 1re époque. Cinq ans venaient à peine de s'écouler depuis la mort de Mahomet (632) que des incursions maritimes d'Arabes venaient amorcer ce qui ne devait être conquête définitive que six siècles plus tard. Travail d'éclaireur et d'avant-garde. L'Islam put déjà se rendre compte de la richesse de sa future proie. Du reste, à part l'occupation du Sindh, en 712, les Arabes ne tentèrent plus rien de ce côté.

Leur effort, porté surtout sur l'Occident, ne devait guère en Orient dépasser l'Indus. Pour les grandes conquêtes définitives de l'immense région païenne qui s'étendait au delà, il ne fallait rien moins qu'une race jeune, énergique, à l'ardeur guerrière, doublement stimulée par une nouvelle foi et l'appât d'un riche butin. — Les Turcs faisaient alors leur première apparition dans l'histoire. Hordes émigrées des steppes de l'Asie Centrale, ils étaient venus raviver de leur sang vigoureux la dynastie épuisée des Sassanides au Nord de la Perse.

Par un de ces coups de la fortune si communs en ces temps héroïques, un esclave turc de cette famille fondait un royaume dans le Nord de l'Afghanistan.

Ghasni, entre Kaboul et Kandahar, en était la capitale. Le quatrième prince de cette nouvelle dynastie, en étendant sa domination jusqu'à Peshawar, devint maître du célèbre défilé qui avait vu passer tant d'armées conquérantes. La porte de l'Inde était ouverte : il ne restait plus qu'à entrer.

Son fils Mahmoud le Ghasnévide, qui lui succéda en 998, ne se fit pas attendre. Plein d'une ardeur juvénile — il avait 21 ans à son avènement — il fondit de son nid d'aigle sur les villes de la frontière et inaugura la série de ses incursions audacieuses qui l'ont rendu illustre dans l'histoire. Il ne devait s'arrêter qu'en 1027, après 15 campagnes victorieuses. Peu à peu il s'aventure dans l'intérieur du pays, franchit la rivière Sutlej, pousse jusqu'au cœur même de l'Hindoustan et couronne dignement la série de ses exploits par un « raid », prodigieux entre tous, sur les bords de l'Océan Indien (1).

L'œuvre de Mahmoud fut forcément passagère : ses incursions participent plutôt du caractère aventurier du pillard et du champion (gazi) de l'Islam que du conquérant. C'est comme gazi, comme pourfendeur d'idoles et d'idolâtres, qu'il est loué par les chroniqueurs du temps. En fait de conquêtes, il ne garda guère que le Punjab, sorte d'annexe à son royaume de Ghasni. En vrai fils du Prophète, il partageait trop le mépris de ses coreligionnaires pour les chiens d'infidèles pour songer jamais à s'établir en terre païenne. Pour lui, comme pour Babar, « l'Inde n'avait guère de charmes sauf sa richesse ». Alberuni son contemporain exprimait fidèlement la conviction des conquérants, quand après avoir décrit les institutions hindoues et comparé (2) « l'égalité démocratique du Coran avec les

(1) C'est là qu'il pilla la pagode de Somnath en Kathiawar, dont les richesses fabuleuses allèrent grossir son trésor.

(2) Cf. Sachau, Alberuni, p. 110, London, Trübner, 2 vol.

castes, le mariage mahométan avec la loi matrimoniale du pays, la propreté des croyants avec les habitudes contraires des Hindous », il ajoutait : « Nous avons décrit tout cela, afin que le lecteur apprenne combien les institutions musulmanes sont supérieures à celles de l'Inde ».

Mais sans s'en douter, Mahmoud, le champion, avait préparé les voies pour une occupation définitive. Le temps pour ce fanatisme farouche de s'apprivoiser, de se faire au voisinage impur d'un paganisme qu'il abhorrait, et bientôt un nouveau conquérant d'une dynastie nouvelle supplantera les Ghasnévides et ne dédaignera pas de s'installer dans la capitale même de l'idolâtrie. En effet, dans les dernières années du XIIe siècle, nous voyons un autre Mahmoud, de la maison de Ghor, s'emparer de Ghasni et s'inspirer de l'exemple de son illustre homonyme, pour entreprendre avec un succès inégal une série de rapides incursions. Rassemblant ensuite ses forces pour une campagne décisive, il s'avance vers Delhi, capitale de Prithwi Raj, le dernier défenseur de l'indépendance hindoue. Celui-ci oblige l'envahisseur à rebrousser chemin, puis, vaincu et fait prisonnier, est mis à mort. Son territoire est annexé. Coup sur coup, Meerut et Delhi tombaient aux mains de Qutb-ud-din, général de Mahmoud. Quant à celui-ci, il attaque Kanauj et pille Bénarés. Il serait trop long de suivre en détail, les différentes campagnes de ce prince. Qu'il suffise de dire qu'à sa mort, en 1206, l'Islam s'était assuré la suprématie politique, depuis Peshawar jusqu'à Ghaur dans le delta du Gange.

Quant à la conquête religieuse, elle était encore à faire. Les conquérants et leurs successeurs semblent, d'ailleurs, en avoir bien vite compris l'impossibilité. Il ne pouvait être question d'employer la force, vu l'immense multitude des idolâtres. N'étant qu'une poignée au milieu de ces vastes régions si peuplées, ils avaient

déjà fort à faire de garder leur position sans irriter davantage les vaincus par un prosélytisme peu opportun. Aussi ne semble-t-il pas qu'ils aient eu souvent recours au glaive pour amener leurs nouveaux sujets à embrasser leur religion. L'auteur — probablement hindou — de l' « Essence de l'histoire » rapporte que dans la série de 34 monarques qui se succédèrent jusqu'à l'avènement des Mongols, Sikandar Lodi fut le premier à persécuter la religion du pays (1). Fait plus étonnant encore que cette politique prudente et modérée des fougueux disciples de l'Islam, c'est que l'élément musulman nécessairement restreint n'ait pas été rapidement entraîné dans le tourbillon de cette civilisation hindoue qui s'était déjà assimilé dans le passé les éléments si disparates de la culture de l'Iran et de l'Hellade.

Mais grâce à sa propre vitalité, grâce au flot constant d'immigrants qui s'établira désormais entre l'Inde et l'Asie Centrale (réserve inépuisable de l'empire), grâce au prestige qui s'attache infailliblement au culte du vainqueur, l'Islam pousse plus avant ses racines dans cette terre païenne de l'Hindoustan ; ses branches s'étendent vers l'Est et vers le Sud (2). Les invasions de Genghis Khan en Perse, en Turkestan font refluer sur l'Inde des milliers de fugitifs musulmans qui viennent ainsi augmenter le nombre des fils du Prophète. Puis, lancés à leur poursuite, ce sont les Mongols eux-mêmes qui sous Tamerlan pénètrent en vainqueurs et ébranlent profondément l'empire.

Je passe rapidement sur la fin de cette époque qui se termine dans l'anarchie la plus complète.

Des Turcs encore — ceux-ci communément désignés

(1) Cf. JOURNAL OF THE R. A. S. OF LONDON, 1894, p. 733.

(2) En 1295-7, Ala-ud-din pénétrait dans le Dekhan. En 1310, Malik-Kafur plantait l'étendard vert sur le temple Brahmanique de Rameswaram, à Ramnad en face de Ceylan.

comme Mongols — paraissent à nouveau sur la scène pour mettre fin à cette confusion, et prêter leur vigoureux concours à la cause de Mahomet. Commencée par Babar le Lion, véritable héros d'épopée, leur suprématie s'affirme, non sans avoir subi quelques vicissitudes, sur le champ de bataille de Panipat à 160 km. au Nord de Delhi. Cette grande victoire ouvre le règne d'Akbar (1526). Désormais l'avenir de l'Islam est assuré pour longtemps. Et pourtant, comme son grand-père Babar le Lion et son ancêtre Tamerlan, ce fils de Tartares n'était qu'un disciple peu fervent du Coran ; ses successeurs, à une seule exception près, devaient lui ressembler. Mais là précisément est la source de son succès : dans cette merveilleuse souplesse de caractère de sa race, qui, soit à Pékin, soit à Delhi ou Agra, mise en face d'une civilisation antique, fait preuve d'une facilité d'adaptation vraiment remarquable pour ces temps. Dans l'histoire d'Orient, le nom d'Akbar est synonyme de tolérance. En abolissant l'odieuse taxe *(poll-tax)* qui pesait sur les Hindous, en appelant ceux-ci aux dignités de l'empire, en épousant des princesses Rajputes, ce prince fit plus que n'importe qui pour la propagation de l'Islam, d'un Islam frelaté, il est vrai, d'un Islam teinté de panthéisme et de Parsisme. Le Dr H. Jansen dans son étude si documentée sur la propagation de l'Islam, constate que c'est surtout à partir de cette époque que datent les progrès rapides du Mahométisme dans l'Inde (1).

Il ne fallut rien moins que le fanatisme d'un Aurangzeb, qui régna de 1659 à 1717, pour arrêter cette infiltration qui, bien que fatale à la pureté de l'Islam, aurait considérablement modifié l'Hindouisme. Mais les Mahrattes soulevés par cette politique intransigeante

(1) « Von der Zeit der Moghul Kaiser hat der Islam in Indien, besonders in Nord-Indien, stetig mehr Verbreitung gewonnen ». *Verbreitung des Islams*, Berlin 1897.

se chargèrent de soutenir la cause de la religion nationale contre l'agresseur. Sous les coups répétés des Brahmes Peschwas, leurs chefs, l'empire mongol s'écroule, et sur ses ruines les armes anglaises bâtiront la puissance britannique. Désormais l'Islam ne joue plus qu'un rôle politique très effacé. Relégué au second plan, il boude de se voir supplanté par l'idolâtrie et tente en vain un suprême effort, à la révolte des Cipayes, pour reconquérir le trône de Delhi. Enfin réconcilié peu à peu avec le maître anglais qui trouve, d'ailleurs, son compte à gagner sa faveur, il se voit appelé à un nouveau rôle en proportion avec l'importance de son passé.

On pardonnera l'aridité de cet exposé historique qui a paru nécessaire pour expliquer ce qui va suivre. Il s'agit, en effet, de constater ce que l'Islam a fait pour l'Inde au cours de longs siècles de domination, de l'influence qu'il a pu exercer sur les races indigènes, sur leur vie religieuse, sociale, économique. Et ici je me permets de faire miennes les paroles de Newman dans son esquisse historique, si suggestive, sur les Turcs :

« Vous voudrez bien ne pas supposer que je m'en vais faire l'éloge d'une imposture religieuse *(il est superflu d'ajouter que dans l'état actuel de la science, cette appellation demanderait un qualificatif)*, mais, continue Newman, aucun catholique n'a raison de désavouer la supériorité de l'Islam sur le paganisme. Le paganisme est sans norme pour le bien et le mal, sans juge souverain et immuable, sans révélation intelligible, sans dogme précis quelconque. D'autre part, l'unité de Dieu, d'un Dieu qui se révèle, qui est fidèle à ses promesses, l'éternité de la loi morale, la certitude d'une rétribution à venir, tout cela ce sont des emprunts que Mahomet fit à l'Eglise, que ses sectateurs retiennent avec attachement. Une bonne partie de l'enseignement du faux prophète porte sur des vérités maté-

riellement vraies et objectivement importantes » (1). C'est précisément cet élément de vérité qui a permis à l'Islam de jouer un rôle parfois heureux dans les destinées de l'Inde.

S'il était besoin d'exemple pour démontrer l'influence du moral sur le physique, nous en trouverions un concluant dans l'élément musulman de la population indienne. Cet élément est — presque dans sa totalité — de même race que l'élément païen. Sur les 70 millions de Musulmans indiens, on n'en compte que 6 ou 7 millions qui soient de race étrangère : Pathans, Afghans, Mongols ou Persans. Or, rien de plus frappant que la différence entre le type musulman et le type païen d'une même race. Il est vrai qu'un sang étranger est parfois venu se mêler à celui des disciples de l'Islam. Mais dans bien des cas, l'infusion a été fort légère, si légère qu'elle est négligeable. Au Bengale, il y avait en 1901 (2) plus de 27 millions de Mahométans dont la majorité se trouve au Bengale Oriental. Presque tous sont des convertis. Ils appartiennent à la même race que leurs compatriotes païens, si tant est qu'il y ait quelques gouttes de sang mongol dans leurs veines. Cependant quel contraste entre ceux-ci et ceux-là ! L'Imperial Gazetteer of India décrit en ces termes le paysan hindou du Bengale : « petit, faible et timide »,

(1) Newman, *Historical sketches*, v. I, p. 87, London 1878.

« You will not suppose I am going to praise a religious imposture but no Catholic need deny that it is, considered in itself a great improvement upon Paganism. Paganism has no rule of right and wrong, no supreme and immutable judge, no intelligible revelation, no fixed dogma whatever ; on the other hand, the being of one God, the fact of His revelation, His faithfulness to the promises, the eternity of the moral law, the certainty of future retribution were borrowed by Mahomet from the Church and are steadfastly held by his followers. The false prophet taught much which is materially true and objectively important ».

(2) « The small, weak and timid Hindu peasant of Bengal », v. I, p. 445.

« The native of India is with a few marked exceptions of slighter build and weaker frame than the European... he is deficient in energy and in capacity for sustained hard labour ».

et des indigènes en général, il dit qu'ils sont, à quelques exceptions près, moins solidement bâtis et plus faibles que l'Européen ; qu'ils manquent d'énergie et sont incapables d'un travail dur et soutenu; et ceci s'applique a fortiori au Bengali, plus affaibli par un climat débilitant entre tous. Comparons ce portrait à celui de son compatriote musulman : il est, lui, de structure plus vigoureuse, d'énergie plus grande (1). Comment expliquer cette différence, qui fait *deux* peuples d'*une même* race vivant côte à côte et dans les mêmes conditions ?

Si le Bengali musulman est mieux bâti et résiste davantage à un climat énervant, c'est que sa religion ne lui défend pas l'usage de la viande ; c'est qu'elle ne lui impose pas ces mariages prématurés si désastreux au développement normal de la race. L'Hindou au contraire, forcé par des sanctions religieuses et sociales à mettre de côté les mesures élémentaires de prudence, s'expose à un affaiblissement et à un épuisement relativement prompts pour les deux sexes. Il doit nécessairement rester inférieur au Musulman. Chez lui, la natalité est beaucoup plus faible, la mortalité beaucoup plus forte ; conséquence, l'augmentation mahométane au Bengale est double de celle des Hindous (2). Le census de 1901, le prouve péremptoirement. Et cependant les Mahométans appartiennent à la classe la plus pauvre du pays. Mais ils sont mieux armés pour le *struggle for life* si terrible dans un pays sujet à de constantes épidémies. Aussi dans la période décennale 1891-1901, alors que la moyenne de l'augmentation pour l'Inde entière a été de 2 1/2 p. c., celle des Mahométans dans *toute* l'Inde était de 9 p. c. (3).

(1) « Of sturdier frame, of greater energy ».

(2) « The Mahometan rate of increase is double of that of the Hindus ». Cf. H. H. Risley, *The People of India*. 1908, p. 237.

(3) *I. G. of India*, v. I, p. 430.

Il est donc parfaitement vrai de dire que l'Islam augmente non pas tant par conversions directes que par sa propre vitalité. Son concept plus sain de la vie, fait qu'il y ajoute plus de prix que l'Hindou rendu assez indifférent à son sort par la pensée que cette vie n'est qu'une unité négligeable dans une série indéfinie : de là, sa résignation bien connue en face de la mort, mais c'est une résignation fatale à la vie d'un peuple (1).

L'influence de l'Islam sur le physique n'a pas été sans son contrecoup sur le moral. Être affaibli, à la vie diminuée, l'Hindou traduit cette faiblesse jusque dans son caractère. L'épithète de *mild Hindu* est devenue proverbiale. Toutefois elle suggère non la douceur de l'homme fort qui a conscience de ce qu'il peut, mais celle de l'être sans défense qui trouve en elle son unique refuge. L'historien Elphinstone dit que le grand défaut des Hindous « est le manque de virilité ». De là, ce caractère timide, ondoyant, presque craintif qui se peint fidèlement dans leur physionomie, dans leur démarche, dans leur manière de parler que certains accusent de manquer de sincérité. Voyez par contre leurs compatriotes musulmans. Hier encore ilotes de la société indienne et maintenant transformés en des êtres nouveaux.

L'Islam a fait pour eux ce qu'il fit jadis pour les Tartares : « Il y a en effet, écrit Newman à propos de ceux-ci, des éléments dans l'Islam qui tendent à opérer ce changement de caractère chez les Tartares. Son austérité, sa froideur, son fatalisme ; même les vérités empruntées à la révélation, mais séparées des vérités

(1) « A want of manliness ». A ce propos la réponse caractéristique d'un élève païen à son professeur chrétien montrera à quel point la mentalité populaire est imprégnée de ce dogme de la transmigration. Le professeur en question reprochait à l'élève de perdre son temps : « Oh, c'est bien pour vous, chrétiens, qui n'avez qu'une vie ! » Tout Européen, qui a été aux Indes, sait que l'adage anglais « Time is money » n'a pas encore cours chez les indigènes. Cela explique en partie leur pauvreté.

que le Coran rejette, son monothéisme qu'aucun médiateur ne tempère, sa doctrine sévère sur les attributs divins, sur la loi et sur la certitude d'une sanction future mirent quelque chose de sombre dans leur vie et les améliorèrent en même temps... de quelque manière que cette transformation se soit produite, c'est certainement à leur nouvelle religion que des observateurs compétents l'attribuent » et plus loin Newman cite le lieutenant Wood à l'appui. Celui-ci, parlant de ses voyages dans l'Asie Centrale, remarque que « toutes les classes inférieures ont un *self-respect* instinctif et une gravité de conduite qui diffère autant de la souplesse de l'Hindou que de la gauche rusticité d'un manœuvre anglais » (1). Une transformation analogue semble s'être opérée chez les fils du Prophète aux Indes. A les voir passer le front haut, le regard assuré, le buste droit, on ne se douterait pas qu'ils sont les frères des êtres craintifs qu'ils coudoient dans la rue. Aussi l'Anglais choisit-il plus volontiers ses serviteurs et ses soldats parmi les Musulmans. Il a su donner ainsi un dérivatif à cette force qui dégénérait parfois en violence fanatique. Tels les Moplahs du Malabar, dont la furie sauvage se jetait sur les baïonnettes britanniques. Le gouvernement impérial a trouvé l'excellente combinaison d'utiliser leur excessive énergie en formant deux bataillons Moplahs.

Outre la force de caractère, la dignité personnelle

(1) *Historical Sketches*, v. I, p. 72 : « There are evidently elements, which would tend to change them (the Tartars) from one temperament to the other. Its sternness, its coldness, its doctrine of fatalism ; even the truths which it borrowed from revelation when separated from the truths it rejected, its monotheism untempered by mediation, its severe view of the divine attributes, of the law and of a sure retribution to come, wrought both a gloom and also an improvement in the barbarian... whatever was the mode of operation certainly it is to their religion that this peculiarity is ascribed by competent judges... all the inferior classes possess an innate self-respect and a natural gravity of deportment which differs as far from the suppleness of the Hindustani as from the awkward rusticity of an English clown ».

(*self-respect*), l'Islam semble avoir aussi aidé à développer le sens moral proprement dit. L'étroite union entre la morale et la religion qui pratiquement ne font qu'un dans le Coran, présente assurément une grande supériorité sur l'Hindouisme pour qui la morale ne vient guère qu'au second plan. Le code éthique si net, si précis, si peu complexe, et en même temps si large de Mahomet, s'imposait facilement à l'instinct moral de l'Hindou à la recherche d'une règle de conduite demandée en vain au Vichnouisme ou au Sivaïsme. L'idée si grande que le Musulman se fait du suprême domaine de Dieu sur sa créature et qui est à la base de l'esprit foncièrement religieux des Mahométans n'est pas un mince mérite. Bien que l'idéal de perfection soit loin d'être élevé, il a du moins l'avantage de ne pas imposer le veuvage forcé qui atteint plus d'un sixième (1) de la population féminine d'une manière compromettante pour leur vertu, et pousse souvent ses victimes à l'infanticide ; il ne sanctionnait pas la prostitution dans les temples, ou bien encore par l'exemple scabreux des dieux et des déesses du panthéon hindou ne poussait pas aux plus honteux excès. Certes c'était une ascension appréciable pour le Bengali que d'être arraché au culte infâme du « Sakti » que W. W. Hunter et les auteurs les plus récents (2) affirment n'être que trop répandu dans le delta du Gange et dans le Nord. L'Islam en cela semble avoir fait une œuvre salutaire de préservation. La polygamie et le divorce qu'il a en commun avec le paganisme sont un mal bien moindre que les excès du Vallabhisme, du Kulinisme (3) et des cultes érotiques de Bâdhâ et de Krishna. Evidemment, il serait imprudent de conclure à la moralité de ses adhérents de la moralité plus ou moins grande de son

(1) Cf. H. H. Risley. *The People of India*, p. 237.
(2) V. g. dans l'Imperial Gazetteer, v. I, p. 427.
(3) Risley, *o. c.* Appendice sur le Kulinisme.

code, pas plus qu'on ne voudrait conclure à l'immoralité générale des Hindous de l'immoralité flagrante de leur mythologie. Mais le fait d'avoir devant les yeux un idéal plus élevé est une sauvegarde qui n'est pas à dédaigner. Qu'en contravention avec les prescriptions du Coran, le Musulman s'adonne à la boisson, à l'opium, au hachisch tout comme son compatriote idolâtre, il n'y a là rien qui puisse surprendre. Encore a-t-il l'avantage sur lui, d'avoir une norme de conduite avec laquelle il ne peut s'empêcher de se voir tôt au tard en contradiction. Une telle constatation ne peut se faire qu'au détriment du vice et au profit de la morale.

Du reste, en relevant le niveau social des millions d'ilotes qui grouillaient à la base de la société hindoue, l'Islam lui a également rendu un service signalé. C'est précisément dans ce milieu avili et méprisé qu'il est allé chercher la grande majorité de ses adeptes. Il a fait au cours des siècles, ce que des observateurs lui voient faire aujourd'hui. Comme M. Logan, l'auteur du *Gazetteer* de Malabar le remarque (1) : « La conversion à l'Islam a eu comme effet principal de délivrer la caste des esclaves de leurs fardeaux séculaires. En se convertissant, un Chéruman monte dans l'échelle sociale, et si par suite de changement il est tracassé ou battu, l'influence de toute la communauté mahométane vient à son aide. » M. Thurston, chef du bureau ethnographique de Madras, après avoir cité M. Logan, ajoute : « Ceci s'applique aux Nayadis dont plusieurs ont échappé à leur situation dégradée en se conver-

(1) « Conversion to Muhammedanism has had a marked effect in freeing the slave caste in Malabar from their former burthens. By conversion a Cheruman obtains a distinct rise in the social scale and if he is in consequant bullied or beaten the influence of the whole Muhammedan community comes to his aid. »...

« The same applies to the Nayadis of whom some have escaped from their degraded position by conversion to Islam » (E. Thurston, *Castes and Tribes Southern India*, v. IV, p. 459, Madras).

tissant. » Ce processus semble s'être répété dans les diverses contrées de l'Inde. Ainsi « dans le Sud des castes entières ont embrassé l'Islam parce que l'accès des pagodes leur était interdit par la caste supérieure (1). » Dès les premiers jours de la conquête musulmane, la division des castes avait frappé l'esprit des envahisseurs, comme diamétralement opposée au démocratisme intense du Prophète. « Nous autres Musulmans, écrivait alors à ce propos Alberuni, nous sommes à l'autre pôle, nous considérons tous les hommes comme égaux. » Malgré les compromis inévitables (2) qui devaient résulter d'un long contact avec une civilisation imprégnée de l'esprit des castes, l'Islam a contribué pour une bonne part à améliorer le sort de millions d'êtres voués à une dégradation irrémédiable. Grâce à lui, le paria dont la présence pollue à vingt pas et qui doit se couvrir la bouche, de peur que son haleine ne souille l'air respiré par la caste sainte, s'est vu restitué à la dignité d'homme. Il s'est senti entrer, pour ainsi dire, dans la famille de ses maîtres et conquérants ; il a pu désormais braver les anathèmes de ceux qui jadis pouvaient le tuer impunément comme un animal immonde.

En montant ainsi à un niveau social plus élevé, la classe inférieure a vu pareillement son sort matériel s'améliorer sensiblement. Ici encore, la « *Weltanschauung* » de l'Islam l'y préparait mieux que l'idéal hindou. L'*Imperial Gazetteer of India* fait très bien ressortir sa supériorité à cet égard : « C'est à l'action énergique, dit-il, que vise son idéal plus qu'à la contemplation ; l'homme ne disposant que d'une seule vie doit en tirer tout le parti possible ; à son esprit pratique

(1) Cf. Risley, *o. c.*, p. 237.

(2) On retrouve en effet dans bien des communautés musulmanes de l'Inde la division en castes, mais pas poussée à l'excès comme chez les païens (cf. *Imperial Gazetteer*, II, p. 328).

la série des transmigrations est parfaitement étrangère, comme aussi le Karma et cette fatigue de vivre qui déprime tellement l'esprit hindou. Au rêve d'absorption en quelque imaginaire *Weltgeist*, il substitue le bonheur concret d'un paradis fait de jouissances bien dans le goût d'un Oriental (1). De là ce contraste frappant entre l'indolence du paysan hindou et l'énergie relative de son confrère musulman. Dans le delta Gangétique, le long des lagunes du Malabar ou sur la côte du Coromandel, la constatation est la même. Thurston, *op. c.*, p. 483, dit des Moplahs, convertis hindous « qu'ils exercent le commerce et la culture avec succès et prospérité » et il ajoute : « beaucoup parmi eux sont marchands et font d'excellentes affaires, étant plus audacieux et plus forts en spéculation que les Hindous du district. La masse des petits négociants et des petits boutiquiers du Malabar est Moplah. » Dans son article sur les Lubbais de la côte orientale, eux aussi Hindous convertis à l'Islam, il les décrit comme « étant des hommes de savoir-faire, industrieux et entreprenants, marins intrépides et commerçants experts... une bonne et forte race faite pour réussir. » Et il fait le même éloge des Lubbais du North-Arcat et du Maïssour.

Je pourrais citer encore d'autres exemples : les Bohras « ou commerçants de l'Inde Occidentale, pour la plupart adeptes venus de l'Hindouisme. » Les Khojas ou « honorables convertis, marchands actifs sur la côte occidentale de la Péninsule et en Afrique Orientale. » Mais il n'est pas nécessaire d'insister davantage sur ce point. L'élément musulman a certainement été un fac-

(1) « Its idea is strenuous action rather than contemplation ; it allots man a single life and bids him make the best of it ; its practical spirit knows nothing of a series of transmigration, of *Karma*, of weariness of existence which weighs upon the Hindu mind. For the dream of absorption into an impersonal *Weltgeist* it substitutes a very personal Paradise made up of joys such as all Orientals understand. » V. 1, p. 328.

teur économique important. Le préjugé brahmanique qui défend aux Hindous de traverser « l'eau noire » la mer, a livré le commerce maritime aux mains des Arabes, des Perses et de leurs convertis. Au moyen âge, c'est par leur entremise que les épices, les étoffes précieuses, les pierreries arrivaient soit par la voie de la Mer Rouge et l'Egypte, soit par celle du Golfe Persique et de l'Asie-Mineure, sur les navires vénitiens. L'avènement des Portugais et des puissances occidentales leur enleva ce monopole, mais n'arrêta pas cependant toute leur activité commerciale. Les exemples donnés plus haut le prouvent.

Résultant de ces relations avec l'étranger, un nouvel élément artistique très appréciable peut se discerner surtout dans le domaine de l'architecture. L'Hindouisme n'a rien produit de comparable aux monuments musulmans : palais, mausolées ou mosquées, qu'on trouve dans toutes les régions de l'Inde (1). L'époque mongole est particulièrement remarquable : les palais d'Agra et de Delhi, le Taj Mahal, le plus riche joyau architectural de l'Inde, la Moti Masjid (mosquée) d'Agra, la Jâmi Masjid de Delhi, les résidences royales et les mosquées de Bijapour, d'Ahmanadab et de Gulbarga dépassent en splendeur l'art hindou le plus parfait. C'est le triomphe de l'idée monothéistique sur l'inspiration panthéistique et polythéistique. L'admiration, parfois naïve, qui vit encore dans les pages des anciens voyageurs du XVIe et du XVIIe siècle, témoins de ces merveilles féeriques de marbre et de granit, ne semble pas exagérée aux visiteurs modernes de ces ruines grandioses. Pour toucher comme du doigt la différence entre ces deux arts, il suffit de comparer Delhi et Bénarés, ou mieux, le temple célèbre de Rameswaram à Ramnad. Du reste, les pagodes modernes n'ont pu s'empêcher d'emprun-

(1) Cf. Archeological Sketch Map, n° 26 de l'*Atlas de l'I. G. of India*.

ter. Par exemple, le temple Visweswera à Bénarès a adopté des dessins du style Saracénique. L'architecture Jaina du Nord de l'Inde a eu recours au gracieux dôme saracénique ; et au Bengale, les temples Sivaïtes se distinguent par l'arche pointue du même style (1). Celui-ci, bien qu'il embrasse une grande variété de genres suivant les différentes contrées de l'Inde où il se trouve : Arabe, Persan, Mongol, Afghan, etc. a en plus l'avantage d'être doué d'une certaine unité provenant d'une inspiration religieuse commune. De là cette impression de cohésion, qui manque totalement à l'Hindouisme.

C'est comme élément d'union, d'ailleurs, que l'Islam a joué un rôle qu'il ne semble pas prêt d'abandonner. Lord Morley le reconnaissait publiquement, lorsqu'il disait que l'Islam avait fait de ses 70 millions d'adeptes une nation dans une nation. L'Islam étant par définition une théocratie, le Mahométisme est essentiellement « a consecration of the principle of nationalism ». Il n'a rien de ce morcellement infini qui fait que l'Hindouisme n'est pas une religion, mais un agglomérat chaotique de croyances contradictoires impossible à définir, qui fait que « l'esprit public des Hindous est confiné soit à leur caste soit à leur village (2) ». Par contre, puisque les religions en Orient tiennent lieu de nationalité, Lord Morley a raison de dire qu'aux Indes les Musulmans sont un état dans l'état. Un autre écrivain récent, lui-même ancien membre du gouvernement, écrit que : « En matière administrative le gouvernement britannique doit constamment traiter ces Mulsulmans indiens comme une communauté à part (3). » Pendant longtemps celle-ci fut considérée comme une puissance

(1) Cf. Dutt, *Ancient Civilisation of India*, v. III, pp. 352, 353.

(2) « The public spirit of Hindus is either confined to their caste or village. » Elphinstone, I, p. 373.

(3) « In administrative matters the British Government has constantly to consider the Indian Moslems as a separate community. » Holderness, *Peoples and Problems of India*, p. 127.

dangereuse. Pour éclairer l'opinion anglaise sur ce point sir W.W. Hunter écrivit en 1871 son ouvrage : *Our Indian Musulmans*, avec sous-titre : sont-ils obligés en conscience de se révolter contre la Reine (1) ? Alors déjà, Hunter constatait avec plaisir que l'élément instruit chez les Mahométans admettait la licéité de la suprématie britannique et celle de l'abstention de la Guerre Sainte. Au reste les Anglais se sont appliqués avec un sentiment instinctif de « self-preservation » à rendre leur joug de plus en plus supportable. Ils ont été de ce chef souvent accusés de partialité par les Hindous qui prétendent que la manne gouvernementale tombe en plus grande abondance chez leurs voisins que chez eux. Quoi qu'il en soit, il est assez naturel que le pouvoir impérial trouve son compte à ménager un facteur de la politique indienne qui par sa force de cohésion semble autrement redoutable que les innombrables millions d'Hindous désunis. Ceux-ci, d'ailleurs conscients de leur faiblesse, recherchent également l'appui politique de leurs compatriotes musulmans. Ils n'ont pu toutefois les faire entrer dans leur *National Congress* et les Mahométans ont à leur tour fondé en 1906 l'*All India Moslem League*. Celle-ci a pour but d'obtenir une représentation distincte pour les adhérents de l'Islam dans les administrations provinciales et municipales et de leur assurer une plus large part des emplois publics et enfin de promouvoir les intérêts particuliers de l'Islam partout où ils sont en jeu. Cette lutte politique a sans aucun doute ravivé le sentiment collectif chez les Mahométans (2). Déjà un peu plus

(1) « Are they bound in conscience to rebel against the Queen ? »

(2) « The struggle over the constitutional question has undoubtedly quickened the corporate feelings of Indian Mahummedans. » Holderness, *op. cit.*, p. 133. Nous devrions ajouter ici quelques mots sur le Pan-Islamisme aux Indes. On sait la répercussion que les récents événements des Balkans y ont eue sur l'opinion mahométane. Des meetings de protestation contre la conduite des alliés, contre la politique de l'Angleterre et de la Triple Entente,

haut (p. 129), Holderness remarquait une tendance actuelle à accentuer l'union en matière non seulement politique, mais aussi religieuse par une observance plus stricte des distinctions de culte. En effet, grâce à l'ignorance qui prévaut surtout chez les Musulmans des campagnes, le pur Islam s'était vu envahir par des usages païens et des superstitions à travers lesquelles il était parfois difficile de le reconnaître. Je n'insiste pas davantage sur cette déformation (1) qui n'entre pas dans le cadre de cet article.

Je me contenterai de remarquer que si l'Hindouisme a prêté du sien à l'Islam, il y a eu procédé réciproque de la part de l'Islam. Goldziher le constate en ces termes : « Il y a bien aussi des exemples d'une réaction réelle de la conscience musulmane sur le paganisme indigène : des dieux hindous sont ravalés au rang de diables ou de démons (2) ». C'est pour le moins une coïncidence frappante que le grand courant monothéiste qui se dessine au XIVme et au XVme siècle dans le nord de l'Inde, alors que les conquérants avaient pris possession définitive et permanente du sol. Il est vrai que l'Inde méridionale avait déjà retenti des prédications monothéistes d'un Ramanuja (1017-1127). Peut-être leur écho lointain s'était-il fait entendre jusqu'au nord. Quoi qu'il en soit, la domination musulmane ne pouvait que lui être favorable, et il semble bien naturel qu'un Kabir (1380-1420) ait rêvé de faire la fusion des

des essais d'intervention auprès du Gouvernement Britannique en faveur de la rétention d'Andrinople par les Turcs montrent l'étroite solidarité qui unit l'Islam Indien au « plus grand Islam ».

(1) On trouvera un traitement détaillé de cette question dans T.W. Arnold, *Survivals of Hinduism among the Muhammadans of India*. Transactions of the 3^d^ International Congress of the History of Religious. V. I, 1908. J. Marès, les *Musulmans dans l'Inde*. Études, 1910, v. 122, pp. 80, 181.

(2) « Es bieten sich wohl auch Beispiele einer wirklichen Reaktion des Muhammedanischen Bewustseins gegen das einheimische Heidenthum dar, indem Götter zù Teufeln ùnd Dämonen degradirt werden ». *Muhammedanischen Studien*, II, 333, Halle, 1880.

deux religions antagonistes dont les destinées allaient être désormais liées les unes aux autres pour longtemps. Kabir ne proclame pas seulement l'unité de Dieu, qu'Il s'appelle Ali ou Rama, mais — dogme étrange dans un pays tyrannisé par la caste — l'égalité des hommes devant Dieu. On peut ne voir là que la réaction normale de la masse opprimée ; encore faut-il accorder que cette réaction fut singulièrement aidée par l'immigration opportune d'un élément essentiellement démocratique.

Cette première ébauche d'un mouvement syncrétiste indo-musulman fut reprise quelques années plus tard par le célèbre Nanak (1469-1538), le fondateur du Sikhisme. A la base de sa doctrine nous trouvons les deux dogmes fondamentaux du Coran : l'unité de Dieu avec sa condamnation rigoureuse de toute forme idolâtrique ou superstitieuse, et l'égalité des croyants. Mais il était réservé au plus grand monarque de l'époque mongole, de tenter une dernière fois l'amalgame des deux religions et d'assurer ainsi à son vaste empire l'homogénéité religieuse nécessaire à sa stabilité. La tentative échoua devant la tâche impossible de concilier deux tendances diamétralement opposées. La nouvelle Foi, cette religion dont Akbar se proclamait le pontife et le prophète, tenta en vain de fondre le panthéisme et le soufisme avec le monothéisme chrétien et islamique. Cependant cet effort ne semble pas avoir été en pure perte ; et il n'est pas impossible que *Tulsi Das* le grand poète Hindi, contemporain d'Akbar, ait puisé dans ce mouvement religieux ce rappel à un culte plus pur qui a tant fait pour relever le niveau religieux de la vaste population gangétique (1).

Il est temps de conclure.

Au cours de cette rapide revue des différents aspects

(1) Cf. G. Grierson *dans l'I. G. of India*, v. I, sur l'influence de Tulsi Das.

de la vie extérieure des peuples de l'Inde, nous avons pu constater jusqu'à quel point l'Islam a exercé une influence sur ces races, sur leur vie politique, sociale, économique et religieuse. En conclurons-nous que l'Islam a été un bienfait pour eux, ou bien, au contraire, que le jour, où Mahmoud le Ghasnévide et ses bandes turques tournèrent vers l'Indus leur ardeur de néophytes et de pillards, a été un jour néfaste dans les annales de l'Inde ? Question délicate que je ne prétends pas trancher. Œuvre d'illusion, mêlée peut-être d'imposture plus ou moins consciente, le Coran contient une part de vérités importantes — empruntées, du reste, à des formes religieuses supérieures — le Coran, dis-je, contient une part de vérités importantes dont les Turcs se firent les zélés propagateurs dans le monde asiatique. On les a justement appelés : « les colporteurs de marchandises et d'idées de l'Asie » (1). Que l'Inde ait également profité de leurs services, il faudrait être aveugle pour le nier.

Mais, et c'est ici qu'une restriction importante s'impose, ils n'ont jamais été que des colporteurs, non des remueurs d'idées. Un de leurs panégyristes, sir Charles Fellows, l'accorde sans peine : « Mes rapports intimes avec les Turcs qui m'ont donné une si haute idée de leur excellence morale ne m'ont pas laissé une impression si favorable de leur puissance intellectuelle, il y a peu de culture ou d'activité intellectuelle parmi eux » (2). On objectera les subtiles spéculations de la philosophie arabe, les envolées parfois sublimes du soufisme persan. Mais il importe de remarquer que précisément ce mouvement intellectuel, ce théoso-

(1) Cf. *Encyclop. Britannica*, art. *Turks*.

(2) « My intimacy with the character of the Turks which has led me to think so highly of their moral excellence, has not given me the same favourable impression of their mental powers... there is little cultivation or activity of mind amoug them ». Cité par Newman, *op. cit.*, p. 195.

phisme si éthéré ont eu lieu en grande partie en marge de l'Islam, qu'Avicenna, qu'Averroës et autres, tout comme les poètes mystiques de la Perse, n'ont pu devenir ce qu'ils étaient, qu'en abandonnant l'orthodoxie musulmane ; et que le geste du Calife célèbre qui détruisit la bibliothèque d'Alexandrie est bien plus conforme à l'esprit du Coran que les érudites adaptations de la pensée grecque ou de la mystique indienne.

La stagnation intellectuelle, stagnation inhérente même au pur Islam, voilà qui explique comment, après avoir mené les différents peuples d'Europe, d'Afrique ou d'Asie, à un certain degré de culture, l'Islam semble incapable de monter plus haut. Le Coran, rien que le Coran : c'est là tout l'horizon intellectuel qui s'offre à la contemplation de ses adeptes. Or, se borner au Coran, à ses conceptions parfois élevées, parfois puériles et surannées, c'est délibérément renoncer au progrès, c'est se séparer du monde civilisé, c'est se figer dans cette demi-barbarie splendide, dans cette demi-civilisation qui ne manque pas d'un certain éclat passager et pour laquelle le Coran semble avoir été spécialement inventé. Bref, nous pouvons dire du Musulman ce que Newman disait du Turc : Homme de progrès, il ne l'est pas. Ou mieux il l'est, mais d'une manière hâtive et incomplète : telles ces plantes ou ces races tropicales au développement anormal et précoce qui étonne, mais une fois atteint, s'arrête inexorablement. Là est le mal. Partout où il se trouve, l'Islam met une barrière infranchissable entre sa culture à lui et toute culture supérieure. Un coup d'œil sur l'histoire des derniers temps depuis l'émancipation de la Grèce jusqu'à l'occupation européenne en Egypte, en Tunisie et ailleurs, le montrerait à l'évidence. Ce n'est qu'après avoir été délivrées du joug musulman que ces contrées ont pu commencer à s'élever au-dessus de la culture médiévale où elles languissaient depuis des siècles. De même encore,

aux Indes, le parti réformateur musulman, le nouvel Islam, a beau protester de sa fidélité à la religion de Mahomet. Il rejette ouvertement ses doctrines les plus essentielles; sa révélation, ses dogmes sont froidement répudiés par les chefs du parti, par le grand leader sir Syed Ali Khan ; et cela précisément pour être à même — ils l'avouent ingénument — pour être à même d'entrer dans le courant de culture moderne. Bref, le nouvel Islam réformateur ne garde du pur Islam que le nom. Serait-ce là, reconnaître d'une manière plus ou moins inconsciente, que nonobstant la supériorité de l'Islam à d'autres formes de culture, la sienne est cependant encore trop incomplète, trop insuffisante pour le développement harmonieux de la race humaine ? Akbar, le prince le plus éclairé et le plus illustre des dynasties musulmanes de l'Inde, l'aurait compris. De là, sa Nouvelle Religion que Goldziher appelle une négation de l'Islam, « un rationalisme éthique où les dogmes et les formes de l'Islam apparaissent comme dénués de valeur » (1).

P. Dahmen, S. J.

(1) « Ethischer Rationalismus in dem Dogmen und Formen des Islams als völlig wertlos erscheinen ». *Vorlesungen über den Islam*, Heidelberg, 1910.

LE STATUT ET LE DÉVELOPPEMENT

DE

LA CAISSE GÉNÉRALE DE RETRAITE

SOUS LA GARANTIE DE L'ÉTAT

Avant la loi du 8 mai 1850 instituant une Caisse Générale de Retraite sous la garantie de l'État, il n'existait pour la formation de pensions de vieillesse que des organismes particularisés ne répondant que très imparfaitement à leur but : c'étaient les Caisses de Prévoyance des ouvriers mineurs et des pêcheurs et quelques caisses patronales. Ces dernières n'avaient produit que de médiocres résultats, et parfois la ruine des établissements au sein desquels elles avaient été créées, avait anéanti le fonds même des pensions. Période d'hésitations et de tâtonnements pendant laquelle les efforts individuels étaient livrés au hasard de combinaisons hétérogènes dont le succès dépendait, avant tout, de la régularité des versements des ouvriers. partant, de leur fidélité à l'industrie et au patron auxquels ils s'étaient d'abord attachés.

La loi du 8 mai 1850 fut le fruit des travaux d'une Commission présidée par Charles De Brouckere, et qui comptait dans son sein Quetelet et Visschers. La Commission projeta une institution fonctionnant au bénéfice des ouvriers, et permettant ainsi d'assurer un revenu viager à tous ceux dont la richesse est dans la faculté

de travailler, et dont les ressources sont temporaires. Le caractère et la portée de la loi du 8 mai 1850 sont marqués, essentiellement, dans ses deux premiers articles, que voici :

Article 1. — « Il est créé sous la garantie de l'État et sous la direction du Gouvernement une Caisse Générale de Retraite. »

Art. 2. — « Toute personne âgée de dix-huit ans au moins, peut, par un versement unique, effectué chez un des receveurs des contributions directes, acquérir une rente viagère différée.

» L'acquisition doit précéder de dix ans au moins l'époque fixée pour l'entrée en jouissance de la rente. »

La Caisse Générale de Retraite était, donc, une Caisse Gouvernementale placée sous la garantie de l'État. La chose parut hardie; certains, même, la considérèrent comme dangereuse, disant qu'il ne convenait pas de mettre trop directement le Gouvernement en contact avec la classe ouvrière. Cette allégation égoïste provoqua de la part de Rogier cette réplique véhémente : « Le danger pour les États modernes, c'est précisément l'isolement où se tiendrait le Gouvernement vis-à-vis des classes inférieures, c'est ce rôle qui consisterait pour le Gouvernement à n'aller trouver les classes inférieures que pour leur demander des sacrifices, que pour leur demander, comme dans d'autres temps, des hommes et de l'argent, sans jamais leur apporter, en compensation, les bienfaits de l'administration publique ».

La loi rejetait la succession régulière et obligatoire des versements, tenue pour impossible à réaliser, et écartait de l'assurance les enfants et les adolescents. On avait pensé que la forte mortalité des premiers âges aurait rendu trop problématiques les résultats d'une prévoyance à but éloigné et que, d'autre part, avant de songer à prémunir leurs enfants contre une vieil-

lesse misérable, les parents avaient à leur ouvrir une carrière, à les établir, à les marier.

L'affiliation à la Caisse de Retraite fut permise dès l'âge de dix-huit ans, âge légal de l'émancipation pour l'homme. Toutefois, il fut spécifié que, pour acquérir des rentes en son nom personnel, la femme mariée devait produire l'autorisation de son mari, ou celle du juge de paix en cas de refus, d'absence, d'éloignement du mari ou d'un empêchement quelconque de sa part de manifester légalement sa volonté.

La faculté d'affiliation et de versement ne fut pas restreinte à ceux qui désiraient en user pour eux-mêmes, elle put s'exercer au bénéfice d'autrui et, de cette façon, le champ fut ouvert non seulement à la prévoyance familiale, mais encore à la prévoyance patronale et à l'action du patronage et d'une bienfaisance supérieure.

« La loi n'exclut pas la charité, déclarait Frère-Orban, le Gouvernement veut, au contraire, développer, favoriser, surexciter la charité. » Et Rogier disait : « La loi sera immensément utile, si la charité s'étend à un grand nombre de participants. Je parle ici de la charité particulière et jusqu'à un certain point de la charité publique, car il pourra arriver que dans certaines circonstances l'autorité publique complète, à titre de gratifications, les efforts des particuliers qui, à eux seuls, ne pourraient pas atteindre jusqu'au maximum requis pour obtenir la pension. Il y a mille combinaisons ouvertes à la charité par l'institution de la Caisse de Retraite. »

Que l'on transpose l'expression verbale, qu'au lieu de « charité » et de « gratifications », l'on dise « intervention », « subventions », « primes », « subsides », et l'on peut voir dans les paroles de Rogier la prescience de ce qui devait se réaliser plus tard.

Les auteurs de la loi du 8 mai 1850 avaient donné à

la Caisse de Retraite le statut le plus simple possible. Pas de rentes sur deux têtes. Trois âges seulement d'entrée en jouissance des rentes : 55, 60 et 65 ans. Acquisition des rentes par portions successives de 12 francs ou d'un multiple de 12 francs ; la première portion devant être de 24 francs. Versements de 5 fr., au moins, tout dépôt non susceptible d'être transformé en rente étant improductif d'intérêt. Irrévocabilité de l'âge d'entrée en jouissance choisi lors de l'acquisition déterminée d'une rente, l'âge d'entrée en jouissance pouvant, d'ailleurs, varier au cours des acquisitions successives. Un seul mode de versement : le versement à capital abandonné.

La Commission en repoussant le versement à capital réservé, avait exprimé l'opinion que l'ouvrier belge, vu son caractère, ne léserait pas les intérêts de sa famille en utilisant pour lui seul, en vue de la formation d'une pension de vieillesse, les économies de la communauté. Elle fit remarquer que la femme commandait plus souvent qu'elle n'obéissait, qu'elle tenait la bourse, répartissait le pécule, en déterminait l'emploi et qu'elle savait être prévoyante aussi bien pour elle que pour son mari, qu'au reste, l'ouvrier ne recevait pas généralement de ses enfants tribut de reconnaissance, quand ses forces l'abandonnaient.

Les rentes furent déclarées personnelles ; toutefois, le droit fut attribué à chacun des conjoints de percevoir la moitié des rentes constituées au moyen de deniers communs, en cas de dissolution de la communauté. Il ne suffisait pas que les rentes fussent personnelles, il fallait encore que personne ne fût privé, et, même, ne pût se priver, des ressources constituées par les versements à la Caisse de Retraite. D'où le caractère d'incessibilité et d'insaisissabilité des rentes, avec cette restriction qu'au cas où elles dépasseraient 360 francs, elles pourraient, par application

des articles 203, 205 et 214 du Code civil, être saisies jusqu'à concurrence d'un tiers, sans que la partie réservée pût jamais être inférieure à cette somme. La loi n'avait pas entendu fixer à ce chiffre de 360 francs le maximum des rentes. Aussi bien, il avait paru que la Caisse de Retraite dût être utile à quantité de personnes appartenant au commerce et aux arts libéraux, poussées naturellement par leur éducation et leur situation sociale, à désirer une pension qui ne fût pas uniquement alimentaire. Le maximum des rentes fut fixé à 720 francs ; la Commission avait proposé le chiffre de 1200 francs.

La loi du 8 mai 1850 toucha au problème de l'invalidité prématurée en disposant que toute personne assurée dont l'existence dépendait de son travail et qui, avant l'âge fixé par l'assurance, se trouverait par la perte d'un membre, d'un organe, ou par le fait d'une infirmité permanente résultant d'un accident survenu dans l'exercice ou à l'occasion de l'exercice de sa profession, incapable de pourvoir à sa subsistance, jouirait immédiatement des rentes qu'elle aurait acquises depuis cinq ans au moins, sans que ces rentes pussent dépasser 360 francs.

La Caisse de Retraite devant féconder les épargnes de ceux qui sont trop faibles pour y réussir eux-mêmes, toute idée de fiscalité fut bannie des dispositions de la loi. Tous les actes, toutes les pièces nécessaires à son exécution sont délivrés gratis et exempts des droits de timbre, d'enregistrement et de greffe.

Aucune différence ne fut établie entre les Belges et les étrangers ; mais la condition de résidence en Belgique découlait des dispositions de la loi et de celles des arrêtés pris en vue de son application.

Le législateur de 1850 s'était préoccupé de donner à la Caisse de Retraite des assises financières solides ; il s'était attaché à réaliser complètement l'équilibre

entre les ressources et les charges et à empêcher la spéculation. Il avait écarté les rentes immédiates et les rentes différées de moins de dix ans — moins de cinq ans, pour une période transitoire de cinq années.

Les tarifs avaient retenu longtemps l'attention de la Commission, qui en fit l'objet d'un rapport spécial. Ce fut en vue de ces tarifs que Quetelet construisit la table de mortalité que la Caisse de Retraite utilise encore aujourd'hui pour la fixation du prix des rentes. Il fut d'abord question de joindre les tarifs au texte même de la loi, mais on reconnut préférable, vu la nécessité éventuelle de modification, de les publier par voie d'arrêté royal. Des trois éléments fondamentaux des tarifs : la table de mortalité, le taux d'intérêt, les frais d'administration, — le taux d'intérêt fut considéré comme étant le plus susceptible de variation. Aussi bien, toutes les recettes disponibles de la Caisse devaient être appliquées en achats d'inscriptions sur le Grand Livre de la Dette publique ; en conséquence, le taux d'intérêt des tarifs devait suivre les fluctuations du revenu des fonds d'État. Au moment du vote de la loi, les fonds d'État rapportaient environ 5 %, mais comme, par suite de la consolidation de l'ordre et du développement du crédit, ils semblaient devoir assez prochainement se capitaliser à un taux moindre, le taux d'intérêt des tarifs fut fixé à 4 1/2 %. Ce ne fut pas la seule précaution prise. Pour tenir compte de la longévité exceptionnelle des rentiers viagers, on augmenta le prix des rentes de 7 %. En vue de compenser le paiement d'une somme de 20 francs lors du décès des assurés affiliés indigents entrés en jouissance de leurs rentes, un versement supplémentaire fut imposé aux affiliés lors de la première acquisition de rente ; ce versement devait couvrir aussi les frais d'inscription. Les frais d'administration furent fixés à 5 % du montant des versements.

Toutes les précautions avaient donc été prises, sauf en ce qui concernait les charges de l'anticipation des rentes à accorder aux victimes d'un accident de travail. Mais il avait été expressément déclaré que compte devait être tenu de ces charges dans les tarifs, dès que l'expérience aurait permis leur supputation.

Les auteurs de la loi du 8 mai 1850 avaient fondé de grandes espérances sur l'avenir de la Caisse de Retraite. Dans son rapport, la Commission avait prévu que le cinquième de la population y serait affilié et, sur la base d'une rente moyenne de 200 frs à 60 ans, avait évalué à plus de 15 millions le montant des arrérages à payer annuellement. Malheureusement, la réalité demeura bien en deçà de ces pronostics optimistes. Déjà au début de 1855, Visschers, membre de la Commission administrative de la Caisse, rédigeait un mémoire sur les causes qui avaient entravé ses progrès et sur les modifications à apporter à la loi. En 1853, la Caisse n'avait reçu que 86 000 francs, versés par 486 affiliés ; en 1854, les recettes étaient tombées à 47 000 francs.

La Caisse fonctionnait à vide. La propagande et le patronage lui avaient manqué. La plupart des ouvriers l'ignoraient. Visschers conseillait d'admettre des versements à capital réservé, de diminuer le minimum de versement et celui des rentes, d'abaisser l'âge d'affiliation, de multiplier les âges d'entrée en jouissance, d'élever le maximum des rentes à 1200 francs. Mais il reconnaissait que l'insuccès était dû surtout à un défaut de préparation, à l'inexistence d'institutions propres à enseigner aux classes populaires la pratique de l'économie. Au 31 décembre 1864, la Caisse ne comptait que 1817 affiliés. Se soumettre à un sacrifice immédiat en vue d'un but éloigné, persévérer dans l'épargne sans certitude d'en retirer un jour avantage,

exige une singulière énergie et des qualités acquises. Cette forme élevée de la prévoyance avait besoin d'un support. Ce support, on le chercha dans la Caisse d'Épargne qui devait être l'instrument de la rénovation, de l'épuration et de l'extension de l'épargne publique soumise jusqu'alors à de pénibles vicissitudes. Il fallait, mettre cette épargne à l'abri des ébranlements du marché financier et l'entourer du prestige d'une inviolable sécurité. La Caisse d'Épargne fut créée par la loi du 16 mars 1865, la Caisse de Retraite y fut annexée et forma avec elle la Caisse générale d'Épargne et de Retraite sous la garantie de l'État.

Des deux institutions, l'aînée est mise en quelque sorte sous la dépendance de la cadette ; dans l'appellation qui les désigne, elle est citée en second lieu et le terme « annexée » qu'emploie la loi pour marquer leur réunion, indique dans quel rang respectif d'importance le Législateur a entendu les associer. La Caisse d'Épargne est appelée à servir de tutrice à la Caisse de Retraite, à être l'appareil véhiculaire qui lui départagera les économies que les classes populaires, mieux préparées à la pratique de la prévoyance, décideraient de consacrer à la tranquillité de leur vieillesse ; on peut concevoir que dans de justes limites elle lui prêtera l'aide de son organisme administratif et, même, de sa puissance financière. Toutefois, ce concept relève des nécessités immédiates qui apparaissaient lors du vote de la loi de 1865, et ne doit point abolir ou même obscurcir le caractère d'union personnelle que revêt la conjugaison des deux Caisses sous le contrôle et l'autorité des mêmes fonctionnaires et des mêmes collèges. Aussi bien, la loi dispose qu'il sera tenu des états distincts des capitaux des deux Caisses et que leurs opérations seront, séparément, l'objet de comptes rendus annuels à transmettre

au Gouvernement et à soumettre au contrôle de la Cour des Comptes. Il apparaît, de raison comme de droit, que les recettes et les charges doivent être équilibrées dans chaque Caisse suivant un plan arrêté « à priori » de la façon la plus exacte possible.

La Caisse générale de Retraite de 1850 était un organisme gouvernemental pourvu d'une simple Commission administrative. La Caisse générale d'Épargne et de Retraite a une tout autre physionomie : c'est une institution autonome sous la garantie de l'État et sous la surveillance du Gouvernement, gérée par un Conseil Général, un Conseil d'Administration et un Directeur Général, rapporteur de ces deux Conseils ; les membres des Conseils et le Directeur Général sont nommés par le Roi.

L'intervention du Gouvernement se manifeste dans ces nominations et dans diverses approbations relatives, notamment, aux conventions, aux règlements organiques, aux tarifs, à l'intérêt des dépôts, au montant du fonds de roulement, à celui des capitaux à placer et de la réserve. La Caisse d'Épargne et la Caisse de Retraite constituent des mutualités de fait entre tous leurs affiliés. Ce caractère se marque spécialement pour la Caisse d'Épargne dans une disposition explicite autorisant, sous certaines conditions, la répartition quinquennale d'une partie du fonds de réserve. Aucune disposition analogue ne se lit dans la loi quant à la Caisse de Retraite : pour elle, l'éventualité du partage d'un excédent d'actif n'avait jamais été envisagée, bien au contraire, on s'était toujours placé devant l'obligation possible de prévenir ou de réparer un déficit par une revision des tarifs.

La Caisse de Retraite a la charge d'engagements différés, dont un grand nombre sont à longue échéance ; la prudence commande de se réserver une marge de sécurité financière qui serait, certes, plus large n'était

le souci de ne point exiger du public des sacrifices trop lourds dans l'accomplissement d'un acte méritoire ou obligatoire de prévoyance. Cette marge doit exister aussi bien pour des raisons de bonne gestion que pour ne point mettre l'État dans l'obligation d'intervenir en sa qualité de garant. Il s'agit d'un problème d'autant plus difficile que sa solution, basée sur des éléments plus ou moins hypothétiques, conduit à des conséquences lointaines. Sous le rapport du taux de l'intérêt, ce problème, de par la loi du 16 mars 1865, demeura de la forme la plus simple, les placements continuant à être effectués en fonds publics. Pour la Caisse d'Épargne — ce n'est pas le lieu d'entrer ici dans les détails — des placements de diverses natures furent permis.

La loi du 16 mars 1865 élargit la faculté d'effectuer des versements au nom de tiers, en autorisant l'affiliation de personnes âgées de 10 à 18 ans. Elle disposa que les sommes versées ne suffisant pas à l'acquisition d'une rente seraient déposées provisoirement à la Caisse d'Épargne. Elle admit la constitution de rentes immédiates et, par une large extension, autorisa la fixation de l'âge d'entrée en jouissance à partir de chaque année d'âge accomplie depuis 50 jusque 65 ans. Elle admit, aussi, les versements à capital réservé, les capitaux réservés devant être remboursés au décès de l'affilié, soit à ses héritiers ou légataires, soit, en cas de versements effectués par un donateur et sur stipulation de celui-ci, au donateur ou à ses héritiers, ou au profit des héritiers ou ayants droit de l'assuré. Les capitaux réservés purent, d'autre part, être employés, avant le décès de l'affilié, à l'acquisition de nouvelles rentes, ou à l'augmentation des rentes acquises. Enfin, la loi étendit le bénéfice de l'anticipation des rentes, aux personnes dont l'existence dépend de leur travail et qui, sans être victimes d'un accident professionnel,

deviennent incapables de pourvoir à leur subsistance. Pour ces personnes, les rentes acquises sont réduites en proportion de leur âge au moment de l'anticipation.

En ce qui concerne la Caisse de Retraite, il ne fut pourvu à l'exécution de la loi du 16 mars 1865 que plus de trois ans après sa promulgation, par un arrêté royal — du 21 juin 1868 — qui s'occupa, en ordre principal, des tarifs, du minimum des rentes et des versements. Les bases des tarifs de 1850 furent maintenues ; on supprima, toutefois, la majoration de 7 % du prix des rentes adoptée antérieurement pour parer à la longévité exceptionnelle des rentiers, ainsi que la perception du supplément de versement destiné à couvrir les frais d'inscription des rentes et les dépenses dues à l'indemnité à payer pour les funérailles des rentiers indigents. Au surplus, cette indemnité fut portée à 25 francs. L'arrêté royal disposa que le montant des rentes devait être un multiple de 12 francs, 12 francs étant le montant minimum, mais qu'elles pourraient être constituées par versements complets ou par versements partiels d'au moins 10 francs. Les versements partiels, acquisitifs d'une fraction de rente seulement étaient toujours récupérables par les affiliés avec les intérêts y afférents ; ils leur étaient dus à l'âge de l'entrée en jouissance. Ainsi s'établissait un accord plus ou moins régulier avec la disposition légale relative au dépôt d'office à la Caisse d'Épargne des versements insuffisants à produire le minimum de rente.

Il est assez étrange que le minimum de versement ait été élevé de 5 à 10 francs ; sans doute, on comptait sur la Caisse d'Épargne pour assurer la formation d'économies permettant d'opérer à la Caisse de Retraite les versements réglementaires. En 1889, le versement minimum pour l'acquisition de rentes différées fut réduit à un franc. Il convient de ne point attribuer au minimum de rente le caractère de la plus petite somme

à considérer comme un revenu. Il s'agit plutôt, en l'espèce, d'un procédé administratif écartant des inscriptions trop fréquentes et des calculs trop complexes. La faculté d'acquérir des rentes par des versements partiels n'a pas eu d'autre but que d'extérioriser immédiatement les résultats des versements. En 1896, la quotité minimum de rente fut abaissée à un franc pour des raisons d'opportunité. Une société industrielle, cédant à des menaces de grève, avait fait restituer à environ 500 de ses ouvriers, presque la totalité, les versements effectués à leur profit. On avait craint la contagion de cet exemple.

La Caisse de Retraite continua à être ouverte aux étrangers résidant en Belgique. De plus, les titulaires de rentes purent aller s'établir en dehors du Royaume sans préjudice de leurs droits acquis. Les receveurs des contributions directes demeurèrent qualifiés pour recevoir les versements, mais l'arrêté royal désigna aussi, pour cet office, les Caisses d'Épargne (à entendre par là, en pratique, la Caisse générale d'Épargne et ses succursales). Le concours des agences de la Banque Nationale avait, d'ailleurs, été visé, en cette matière, par la loi même du 16 mars 1865.

En 1869, les percepteurs des postes ayant été autorisés à prêter leur concours à la Caisse Générale d'Épargne, les titulaires des comptes d'épargne, en utilisant l'intermédiaire de ces fonctionnaires, eurent la faculté d'opérer par voie de transfert des versements à la Caisse de Retraite. Ce ne fut qu'en 1890 que des versements directs furent permis dans les bureaux de poste. Actuellement, par suite de désuétude, les receveurs des contributions directes n'interviennent plus en matière de versements et de paiements de rentes.

En ce qui concerne les rentes immédiates, il convient de noter, abstraction faite des cas d'anticipation, que

les tarifs limitaient entre 50 et 65 ans la série des âges d'entrée en jouissance de ces rentes.

Le 1er juillet 1869, une loi spéciale éleva de 720 à 1200 francs le maximum des rentes et étendit le champ des placements de la Caisse de Retraite. Toutes les recettes disponibles devaient être appliquées en achat de valeurs des trois catégories suivantes :

1° Fonds publics belges ou autres valeurs garanties par l'État ;

2° Obligations sur les provinces, les villes ou les communes de la Belgique ;

3° Cédules ou prêts hypothécaires.

La loi du 21 juin 1894, qui créa une Caisse d'Assurances, y ajouta la catégorie ci-dessous :

4° Obligations des sociétés belges qui, depuis cinq ans consécutifs, au moins, ont fait face à leurs engagements au moyen de leurs ressources ordinaires.

Le statut financier de la Caisse de Retraite acquit ainsi une plus grande élasticité et offrit le moyen d'augmenter le rendement de son portefeuille.

Avant de nous occuper des résultats de la loi du 16 mars 1865, il convient de souligner, au passage, certaines dispositions spéciales de la loi du 3 juin 1870, relative à la rémunération des miliciens, qui décréta leur affiliation à la Caisse de Retraite en vue de la formation de rentes différées à 55 ans. Avant l'âge de 45 ans, le milicien pouvait convertir la rente formée à son profit en une rente reposant sur sa tête et sur celle de sa femme et due jusqu'au décès du survivant ; la réversibilité était subordonnée à l'existence des deux conjoints au moment où le mari atteignait l'âge d'entrée en jouissance. En vue d'exonérer ses enfants du service militaire, le milicien avait, aussi, la faculté de disposer, en tout ou en partie, de ses versements capitalisés à 5 % et de les transférer à la

Caisse tontinière de remplacement. Enfin, il lui était permis de retarder l'entrée en jouissance de sa rente. La « rémunération différée », ainsi qu'on a appelé ce système d'obligation mitigée dont les particularités constituaient des dérogations à certains articles essentiels du statut de la Caisse de Retraite, n'eut pas une longue existence ; elle disparut en vertu de la loi du 5 avril 1875, qui, allant le plus loin possible dans le renversement de l'ancien système de rémunération, autorisa même les miliciens qui avaient été assujettis à la loi du 3 juin 1870, à opter pour la liquidation de leur compte à la Caisse de Retraite. Il fallut attendre pendant plus de vingt-cinq années de nouvelles dispositions relatives à l'affiliation obligatoire des militaires à la Caisse de Retraite. La loi du 21 mars 1902 sur la milice et la rémunération des miliciens, prescrivit qu'une somme de 15 francs serait prélevée sur les fonds déposés annuellement à la Caisse d'Épargne au nom des militaires rémunérés et versée à la Caisse de Retraite.

Lors du vote de la loi du 16 mars 1865, on était convaincu de la nécessité de répandre d'abord la pratique de la prévoyance sous la forme la plus élémentaire, l'épargne ; on croyait à l'inutilité des efforts qui auraient été tentés immédiatement en vue de l'assurance contre la vieillesse. La Caisse de Retraite resta dans l'ombre ; on n'organisa pas de propagande en sa faveur, le patronage continua à lui manquer et le patronat ne lui amena que quelques adhésions collectives. Plus tard, lorsque la cause de l'épargne fut gagnée, lorsque l'on put songer à recommander l'affiliation à la Caisse de Retraite avec quelque chance de succès, la crainte de compromettre sa stabilité financière s'opposa à toute action sérieuse ; il était devenu impossible, en effet, de faire produire à son portefeuille, au moyen de placements sûrs, plus de 4 % d'intérêt, alors que les tarifs n'avaient pas cessé d'être

basés sur un taux de capitalisation de 4 1/2 %. Déjà, en 1882, on redoutait le déficit. La Caisse de Retraite fut volontairement négligée et il n'est pas étonnant qu'elle continua à être presque complètement ignorée. Au 31 décembre 1887, elle ne comptait que 7200 affiliés, dont 1800 miliciens, assurés par obligation.

En janvier 1888, de nouveaux tarifs furent mis en vigueur. A ce moment, le revenu des fonds d'État ne dépassant que légèrement 3 %, on s'arrêta à ce taux pour les tarifs, mais les frais d'administration furent réduits de 5 à 3 %. A noter ici qu'en 1890, sur l'initiative du Comité de secours aux victimes de la catastrophe du Kattendyck, à Anvers, la constitution de rentes immédiates fut autorisée d'une façon générale sur la tête de toute personne âgée de 10 à 90 ans.

A dater de 1888, les raisons d'ordre financier n'entravèrent plus l'entreprise d'une propagande en faveur de l'assurance-retraite ; la Caisse de Retraite y joua un rôle important. En 1890, elle lança dans le public une brochure éditée à 1 000 000 d'exemplaires ; par des documents divers, par une correspondance toute remplie d'avis, de conseils et d'exhortations, elle ne cessa d'indiquer la route de la prévoyance et d'engager à y entrer. Les bureaux de poste furent pour elle des auxiliaires précieux et constituèrent dans tous les coins du pays des centres actifs pour son prosélytisme.

D'autre part, la mutualité, qui fonctionnait depuis de longues années sous la forme de sociétés de secours mutuels, se mit à l'œuvre. Habituée à recevoir, à conserver, à concentrer les versements minimes, à pousser par le contact ses membres à la prévoyance et à leur en faciliter la pratique en se chargeant pour eux de multiples démarches, elle était bien préparée à sa nouvelle mission.

Ce fut en 1889 que la première société mutualiste

de retraite fut créée à Gand, dans un milieu essentiellement ouvrier. D'autres sociétés se fondèrent à son exemple, ainsi que quelques sociétés patronales. Les sociétés de secours mutuels proprement dites se mirent à affilier leurs membres à la Caisse de Retraite et beaucoup opérèrent des versements en utilisant les ressources de leur caisse spéciale (1) ; vu la provenance de ces versements, ces sociétés spécifièrent que le capital serait réservé à leur profit.

La mutualité allait, d'ailleurs, être encouragée ; les pouvoirs publics résolurent d'apporter leur concours à l'œuvre qu'elle avait entreprise.

De 1892 à 1894, les subsides de l'État, en cas de versements à la Caisse de Retraite, ne furent accordés qu'aux sociétés de secours mutuels reconnues. La loi du 23 juin 1894, revisant la loi du 3 avril 1851 sur les sociétés mutualistes, admit à la reconnaissance légale, au même titre que les sociétés de secours mutuels, les sociétés mutualistes ayant pour seul but l'affiliation à la Caisse de Retraite qui, dès lors, bénéficièrent des subsides. Les subsides étaient, par compte de retraite, de 0,60 fr. par franc versé annuellement jusqu'à concurrence de 12 fr. versés, et de 0,60 fr. par livret nouveau d'un solde d'au moins 3 francs. Les subsides cessaient d'être alloués du moment qu'une rente effective de 360 francs était constituée, quel qu'en fût l'âge d'entrée en jouissance. Bien que supputés par compte, les subsides pouvaient être répartis librement par les sociétés. Au début, cette liberté s'étendait même au mode de versement des primes, que plusieurs sociétés répartissaient avec stipulation de réserve à leur profit ; dans la suite, le versement à capital abandonné ou à capital réservé au profit des héritiers de

(1) La caisse spéciale des sociétés de secours mutuels est alimentée par les cotisations des membres honoraires, les subsides et autres ressources extraordinaires.

l'assuré leur fut imposé. Jusqu'en 1895, le montant des subsides de l'État ne dépassa pas 20 000 fr. ; en 1899, il atteignit 282 000 fr. et 556 000 fr. en 1900. Les provinces, puis quelques villes et communes, joignirent leurs subsides à ceux de l'État.

Dès le 1er janvier 1892, l'administration de la Caisse de Retraite avait décidé, d'autre part, d'accorder aux intermédiaires, quels qu'ils fussent, une prime de 2 centimes par versement de retraite, prime réduite à 1 centime en cas d'intervention des facteurs des postes ou des dépôts-relais des postes. L'octroi de cette prime fut, dans la suite, subordonné au consentement des intermédiaires à certaines pratiques administratives. Il ne faut voir dans l'octroi de primes aux intermédiaires aucune idée de rémunération ; au début, la mesure prise par la Caisse de Retraite fut expliquée, tantôt par un souci de propagande, tantôt par le désir de compenser certaines pertes qu'auraient pu subir les intermédiaires. Ce dernier caractère est le seul qui soit actuellement retenu.

En 1896 prit naissance dans le Tournaisis, un mouvement en faveur de la constitution de sociétés scolaires de retraite. Son action s'étendit rapidement grâce à l'appui financier et moral des pouvoirs publics. Des livrets de retraite furent donnés en prix dans les écoles ; en 1897, le Gouvernement recommanda de propager parmi les écoliers du degré primaire les idées de prévoyance en vue de la vieillesse ; enfin, la loi du 9 août 1897, pour assurer le développement des sociétés scolaires de retraite, abaissa l'âge d'affiliation à la Caisse de Retraite de 10 à 6 ans. La même loi autorisa, en outre, le Gouvernement à admettre dans certaines limites et sous certaines conditions, à spécifier par lui, des versements en faveur d'enfants de moins de 6 ans. Cette dernière disposition n'a pas été appliquée jusqu'à présent.

La Caisse de Retraite, en 1891, puis aux environs de 1894, exerça une action spéciale auprès des industriels en vue de la constitution de sociétés patronales de retraite. Malheureusement, cette action ne produisit pas tous les résultats qu'on en avait attendus.

En somme, depuis 1888, la Caisse de Retraite se développa et son développement fut poursuivi, avec plus ou moins de succès, partout où il semblait qu'il y eût chance de susciter les bonnes volontés, de stimuler l'esprit de prévoyance et de faire apparaître les avantages de l'assurance-vieillesse. Au 31 décembre 1899, le nombre des affiliés à la Caisse de Retraite avait atteint le chiffre de 168 800 et le fonds des rentes s'était élevé à 26,4 millions de francs. Le nombre des sociétés mutualistes servant d'intermédiaires à leurs membres pour l'affiliation à la Caisse était de 1886, parmi lesquelles 235 sociétés scolaires. La statistique ne permet pas d'indiquer, à cette date, le nombre des sociétés patronales. D'autre part, il est intéressant de constater que sur 161 313 livrets créés de 1890 à 1899 inclusivement, 141 584, soit 87 1 2 %, appartiennent à la classe des travailleurs manuels.

La loi du 10 mai 1900 sur les pensions de vieillesse devait ouvrir une ère nouvelle et importante pour la Caisse de Retraite. Les prolégomènes de cette loi se trouvent dans les travaux de la Commission des Pensions ouvrières instituée par un arrêté ministériel en date du 5 avril 1895.

La Commission avait reçu mission de formuler des propositions en vue d'assurer aux ouvriers une pension de retraite en cas de vieillesse ou d'invalidité permanente. Elle se prononça en faveur d'un système de liberté subsidiée, en admettant, toutefois, l'obligation pour les ouvriers appartenant à une industrie dérivant d'une concession permanente de l'État. Elle

demanda, afin de ne pas annihiler chez l'ouvrier l'esprit d'initiative et d'économie, que la pension résultant des versements obligatoires subsidiés ne dépassât pas 300 francs, et elle en proposa la constitution à un établissement fonctionnant sous la garantie de l'État, telle la Caisse Générale de Retraite, et pratiquant l'affiliation individuelle.

Le Gouvernement rejeta complètement le principe de l'obligation et s'en expliqua dans l'Exposé des motifs de la loi par des considérations dont voici la substance. Le système de l'obligation ne paraît réalisable qu'à l'égard des personnes au service d'un patron ; dans ces conditions, est-il légal de n'imposer l'obligation qu'à une seule catégorie de citoyens parmi tous ceux dont la situation appelle la formation d'une pension de vieillesse ? Pourquoi, d'autre part, l'obligation en matière seulement de pensions de vieillesse, alors qu'il existe des risques autres que ceux de la vieillesse, tels ceux résultant de la maladie et de l'invalidité, contre lesquels il est plus urgent de se prémunir ? La loi peut-elle forcer le patron à contribuer à l'assurance-vieillesse de ses ouvriers, alors qu'il ne s'agit pas d'un risque professionnel, mais d'un risque commun à tous les individus ? Au reste, l'obligation appellerait tout un appareil coûteux de contrôle et de surveillance dont le tempérament national ne s'accommoderait pas. Le terrain n'est pas prêt pour l'obligation ; ne doit-on pas, au surplus, avoir confiance dans un régime de liberté subsidiée, déjà ébauché, et qui, sous une forme préliminaire, a donné depuis plusieurs années des résultats heureux et progressifs, pleins de promesses pour l'avenir ?

Après avoir fait connaître l'économie générale du projet de loi, l'Exposé des motifs disait : « L'existence d'une Caisse Générale établie sur les bases mathématiques les plus sûres, et réalisant, par le livret individuel

l'équivalence la plus stricte des obligations et des droits des assurés, constitue une condition indispensable de fonctionnement régulier du système qui vient d'être exposé dans ses grandes lignes. Telle est la Caisse de Retraite créée par la loi du 16 mars 1865 et placée sous le contrôle direct de l'État : elle garantit aux intéressés le maximum de sécurité, tout en leur procurant le maximum d'avantages... » « Ces motifs ont déterminé le Gouvernement à considérer la Caisse de Retraite sous la garantie de l'État comme la seule institution qui soit en mesure de réaliser les bienfaits que peut produire le système consacré par le projet de loi. »

Le principe fondamental du système établi par la loi du 10 mai 1900 est la liberté subsidiée, son véhicule général, la mutualité ; décrivons-le dans ses détails.

Des primes annuelles d'encouragement en vue de la constitution de pensions de vieillesse — fr. 0,60 par franc à concurrence des 15 premiers francs versés — sont accordées par l'État aux membres des sociétés mutualistes reconnues, à condition que le montant des versements personnels ne dépasse pas 60 francs par an — (30 francs dans le projet) — Les versements subsidiables peuvent être effectués à capital abandonné ou réservé, mais l'âge de l'entrée en jouissance des rentes qui y correspondent ne peut être inférieur à 55 ans. Les versements effectués au moyen des subsides publics ne sont pas pris en considération pour l'allocation des primes de l'État. Ces primes sont versées à capital abandonné ; elles cessent d'être accordées quand les sommes inscrites au compte de l'affilié et supposées abandonnées, suffisent à constituer une rente de 360 francs à 65 ans.

Les agents de l'État qui ont droit à une pension de retraite en vertu des lois et règlements qui les régissent, ne peuvent prétendre aux primes d'encouragement.

Les faveurs précédentes sont accordées aux personnes non mutualistes, sous la réserve qu'elles soient âgées d'au moins 16 ans accomplis et qu'elles ne paient pas au profit de l'État plus qu'une certaine somme en impôts directs, patentes comprises; l'exclusion d'une personne entraîne celle de son conjoint et de ses enfants habitant avec elle. Le projet, sous ce rapport, portait une disposition plus complexe : l'exclusion était basée sur un triple élément : la contribution personnelle, l'impôt foncier et la patente, afin de marquer par les chiffres limitatifs ressortissant à ces trois facteurs, que la loi n'excluait du bénéfice des primes ni le petit employé, ni le petit propriétaire, ni le petit négociant. Au reste, la loi ne base pas l'octroi des primes sur une classification professionnelle non équitable au fond, et conduisant, nécessairement, à de grandes difficultés d'application.

Une subvention annuelle de 2 francs est allouée aux sociétés mutualistes reconnues, pour chaque livret sur lequel il aura été versé pendant l'année écoulée une somme de 3 francs, au moins, non compris les subsides des pouvoirs publics.

La loi s'applique aux Belges résidant en Belgique et aux étrangers ayant 10 ans de résidence dans le pays et appartenant aux nations réservant aux Belges des avantages réciproques.

La loi du 10 mai 1900 contient des dispositions transitoires au bénéfice des personnes trop âgées pour se créer aisément par l'affiliation à la Caisse de Retraite des ressources en vue de leur vieillesse.

Ces dispositions sont de deux sortes : les premières concernent les allocations de vieillesse, les secondes, les surprimes. En cette matière, des extensions furent votées dans la suite par le Législateur.

La loi accordait une allocation annuelle de 65 francs à tout ouvrier ou ancien ouvrier belge, né avant 1846

pourvu qu'il eût une résidence en Belgique et qu'il fût indigent. Toutefois, pour en bénéficier, les ouvriers nés en 1843, 1844 et 1845 devaient, au préalable, et dans certaines conditions, verser une somme de 18 francs, au moins, à la Caisse de Retraite; cette dernière obligation a été rendue plus aisée à remplir par les lois spéciales du 31 décembre 1908 et du 11 mai 1912; la dernière a, de plus, permis l'octroi de l'allocation aux indigents non ouvriers et en a étendu le bénéfice aux personnes nées en 1846, 1847 et 1848.

La loi accordait la prime de fr. 0,60 par franc versé, à concurrence des 24 premiers francs versés, aux personnes nées avant 1860. Par la loi du 20 août 1903, les primes afférentes aux 6 premiers francs versés ont été majorées pour ces personnes, suivant un barème fixé par catégories d'âges. La loi du 5 juin 1911 — loi sur les pensions de vieillesse en faveur des ouvriers mineurs — a compris les personnes nées avant 1871 parmi les bénéficiaires de l'allocation des primes pour les 24 premiers francs versés et de la majoration de primes pour les 6 premiers francs versés, en disposant toutefois que seuls les versements à capital abandonné donneraient lieu à cette majoration.

Enfin, la loi du 10 mai 1900 permit à la Caisse de Retraite de rembourser à l'assuré, après l'entrée en jouissance de sa rente, la valeur de rachat du capital réservé; elle permit, aussi, avant l'entrée en jouissance, d'employer cette valeur à la constitution d'une rente temporaire jusqu'à l'entrée en jouissance. Cette disposition proposée par la Section centrale de la Chambre des Représentants, et qui touchait, dans la seconde de ses parties, au problème de l'invalidité, fut combattue par le Gouvernement, qui la considérait comme n'entrant pas dans le cadre du projet de loi. Aussi bien, elle intéressait le statut organique de la Caisse de

Retraite — qu'il n'avait pas été question de modifier — en anticipant le règlement de l'opération d'assurance de capital au décès qu'implique le versement à capital réservé ; elle aggravait cette anticipation en lui donnant comme conclusion, avant l'entrée en jouissance, la formation de rentes temporaires à servir immédiatement et qui pouvaient causer un préjudice pécuniaire au fonds des pensions. Les partisans de la proposition tinrent bon en faisant remarquer qu'elle serait de nature à populariser davantage la Caisse de Retraite.

Il semble que ce soient les personnes bien portantes qui demandent surtout la constitution de rentes temporaires, de rentes immédiates et de rentes à court différé. Aussi, fut-il jugé opportun de limiter, sauf dans des cas laissés à l'appréciation du Conseil d'Administration, à 300 francs par an les versements annuels destinés à la constitution de telles rentes. Ce fut l'objet de l'arrêté royal du 9 avril 1902 relatif aux rentes immédiates et aux rentes différées de moins de 3 ans, et qui fut rendu applicable aux rentes temporaires dont les tarifs furent publiés le 24 septembre de la même année.

C'est à l'initiative de M. Nyssens qu'est dû l'octroi de la subvention de 2 francs. « Les meilleurs et les plus sûrs auxiliaires de la loi, écrivait-il, ses plus fidèles instruments, ce sont les mutualités. Il importe que l'État reconnaisse leurs services, les aide dans leur tâche, facilite leur propagande, les indemnise de leurs frais. » Le Gouvernement se rallia à cette manière de voir. M. Nyssens avait demandé 1 franc par livret ; le Gouvernement en accorda 2. La subvention devait concourir à couvrir les frais des mutualités et, subsidiairement, à encourager leurs membres par des versements supplémentaires effectués en leur faveur : cet encouragement est devenu aujourdhui la destination la plus fréquente de la subvention.

La loi du 10 mai 1900 était, en ce qui concerne les primes de l'État — son objet le plus important — la consolidation et l'extension légale d'une pratique administrative de près de dix années. C'était, aussi, l'amélioration intrinsèque de cette pratique. Jusqu'en 1900, les encouragements de l'État soutenaient et récompensaient le zèle des sociétés mutualistes ; ils ne s'adressaient pas directement à l'individu, et lorsque celui-ci, par voie d'incidence, en éprouvait les bienfaits, ces bienfaits n'étaient nullement répartis suivant une commune mesure des efforts et des résultats individuels. La loi intervient, elle fait deux parts des subsides : l'une va à l'individu, ce sont les primes, l'autre va à la société, c'est la subvention ; et pour l'allocation des primes, elle recherche la commune mesure qui jusqu'alors faisait défaut, elle suppose dans son plan de limitation que les sommes inscrites au compte individuel ont toutes été versées à capital abandonné pour l'acquisition de rentes à 65 ans. Si, avant tout, on entend favoriser la constitution d'une pension de vieillesse, le système n'est pas parfait, car en subsidiant les versements à capital réservé, sans distinction ou restriction, on subsidie l'opération d'assurance de capital au décès que comportent ces versements. Mais comment résoudre la question sans certaines imperfections, vu l'empêchement de comparer pratiquement l'une à l'autre deux rentes de même montant dues à des affiliés du même âge et de la même ancienneté d'affiliation, dont l'un aurait opéré ses versements à capital abandonné, l'autre à capital réservé ?

Plus tard le système a été amélioré par l'octroi de surprimes aux seuls versements à capital abandonné — il en a été question plus haut — et, pour les ouvriers mineurs, par l'obligation d'effectuer sous cette forme la moitié au moins de leurs versements obligatoires.

La loi du 10 mai 1900 s'occupe d'un second objet, les allocations de vieillesse. Celles-ci sont à charge

du Trésor ; la Caisse de Retraite n'a pas à en former le montant par voie de capitalisation, ni à en faire le paiement. Son office, en cette matière, est d'attester les versements auxquels sont obligés tous les candidats à cette allocation nés après 1842, la loi ayant entendu que pour eux son octroi fût subordonné à un effort de prévoyance. Dans le fonctionnement de la Caisse de Retraite les allocations de vieillesse n'ont qu'une place d'ordre administratif, mais elles constituent un élément essentiel de la solution générale du problème des retraites et leur importance doit nécessairement s'accentuer sous le régime prochain de l'obligation.

La loi du 10 mai 1900 ouvre en Belgique l'ère légale de la liberté subsidiée. Personne n'est obligé de s'assurer, mais quiconque veut le faire est, dans les limites tracées par le Législateur, encouragé dans son acte de prévoyance. La loi ne tarda pas à porter des fruits. Le 31 décembre 1900, le nombre des affiliés à la Caisse de Retraite avait déjà atteint 300 000, et depuis il n'a pas cessé de croître : au 31 décembre 1912, il était de 1 500 000. Entre ces deux dates, le fonds des rentes a passé de 31 millions à 208,5 millions et le montant des versements de 5 121 056,02 fr. à 20 140 362,50 fr. Dans ces deux derniers nombres, les primes des pouvoirs publics interviennent respectivement pour 1 855 733,30 et 5 304 109 fr. Pour la première année d'application, le montant des subventions de 2 francs avait été de 411 136,00 fr. ; en 1912 il a atteint 1 255 480 fr. Le nombre des sociétés de retraite a augmenté d'année en année ; de 1886, avant la loi du 10 mai 1900, il a passé, en 1912, à 5890, parmi lesquelles on compte 884 sociétés scolaires et 283 sociétés patronales (1). Dans la masse des mutualistes les affiliés isolés sont noyés, 3 à 4 %.

(1) Fondées au sein d'établissements industriels ou commerciaux, de compagnies de chemin de fer et de tramways, d'administrations publiques ou financières.

C'est le triomphe des affiliations collectives et de la mutualité. A l'étranger, on étudie, on commente, on admire la loi belge, on suit pas à pas le développement de ses résultats, elle sert d'argument démonstratif dans la lutte ardente engagée entre les partisans de la liberté et de l'obligation. Une fois de plus, notre pays a l'honneur d'être cité en exemple dans le champ difficile de la législation sociale.

Jusqu'au moment de sa réelle expansion, la Caisse de Retraite était restée sous la tutelle de la Caisse d'Épargne; au début de 1899, à l'annonce des nouvelles dispositions légales, elle commença à s'en dégager, et ses services furent réunis sous une direction distincte. Son travail administratif augmenta et se compliqua et il fallut chercher à l'améliorer et à le simplifier : au classement des comptes par ordre d'entrée, on substitue le classement régional par bureau de versement; de mensuels, les versements mutualistes deviennent trimestriels. En 1906, enfin, le classement régional est abandonné et remplacé par un classement par dates de naissance des affiliés, en vue d'une organisation rationnelle du contrôle mathématique des écritures, — versements et rentes ; le système des versements trimestriels est remplacé par celui des versements annuels (1) ; les livrets de retraite cessent d'être immatriculés aux bureaux de versement; ils sont réduits à une simple couverture portant quelques indications essentielles et destinés à l'insertion d'extraits annuels envoyés par la Caisse. Ainsi est supprimé le va et vient des livrets entre la Caisse, les bureaux de poste, les mutualités et les affiliés. Les tarifs sont revisés, la

(1) Pour ne pas causer préjudice aux sociétés de retraite et aux autres intermédiaires, la Caisse porta de 2 à 8 centimes la prime accordée par versement de retraite.

forme en est simplifiée, mais on ne touche ni à la table — l'ancienne table de Quetelet — ni au taux de capitalisation, 3 %; les frais d'administration sont seuls modifiés et portés à 5 %, le capital réservé restant, comme par devant, remboursable au taux de 97 % des versements, ce qui marque le caractère d'assurance en cas de décès que comporte le mode de versement à capital réservé. Les taux de mortalité de la table de Quetelet étaient cependant supérieurs à ceux qui auraient dû être appliqués aux affiliés de la Caisse de Retraite et par ce fait, à supposer les placements à 3 %, la Caisse aurait été en déficit ; mais, heureusement, la situation du marché financier et l'aide que la Caisse de Retraite recevait de la Caisse d'Épargne lui permettaient de retirer de ses placements un intérêt d'environ 4 % et de compenser, ainsi, les effets de l'emploi de la table. Le caractère factice des tarifs était donc maintenu. Depuis quelque temps déjà ils n'étaient plus un instrument de calcul scientifique, mais un simple barème de rentes dont l'usage, vu les circonstances, était reconnu sans danger pour la stabilité financière de la Caisse de Retraite.

Actuellement la question de la revision des tarifs se pose à nouveau. Les tarifs sont, en effet, un élément essentiel dans la solution du problème de l'assurance-retraite généralisée.

Peu à peu, à l'enthousiasme provoqué par les premiers effets de la loi du 10 mai 1900, succéda le sentiment de son insuffisance. Bien que des statistiques précises, à cet égard, fassent défaut, on peut croire qu'en 1911, la moitié des travailleurs manuels du pays n'étaient pas affiliés à la Caisse de Retraite et que plus de 40 % des travailleurs affiliés n'avaient pas cette année effectué de versement. En 1907, M. Ver Hees,

Directeur à l'Office du Travail, appréciant (1) les résultats de la loi, disait, en substance, que dans les grands centres, dans les villes et dans les régions industrielles, la classe ouvrière y avait opposé de l'inertie, de l'indifférence, de l'hostilité, et que son succès relatif ne s'était réalisé que dans les campagnes, où la masse des participants se compose d'ouvriers à faible salaire.

S'occupant du rôle que le patronat avait à jouer dans l'application de la loi, M. Nyssens, dans des phrases souvent citées, s'était exprimé comme il suit :

« Il appartiendra au patronat belge de prouver, imitant de grands et bons exemples auxquels il a été rendu hommage, que le régime de liberté sans obligation peut résoudre le problème des pensions ; il le fera en intervenant volontairement dans la constitution des rentes, en versant une quote-part à côté de celle de l'ouvrier. En s'imposant à eux-mêmes un versement annuel, les chefs d'industrie pourront imposer à leurs ouvriers l'affiliation à la Caisse de Retraite et, proportionnant l'intervention à la situation spéciale de chaque industrie, amener une solution pratique et large du problème. La participation d'un troisième facteur, l'industriel, à côté de l'ouvrier et des pouvoirs publics dans la constitution des pensions, procurera aux vieux travailleurs qui auront été en temps utile prévoyants, cette pension d'un franc par jour que le projet de loi indique comme le desideratum à poursuivre. »

Or, le patronat n'a pas répondu à l'espoir que l'on avait fondé sur lui. Les sociétés patronales n'ont versé en 1912, toutefois, que 2 443 000 francs. Il est à remarquer que depuis 1905 — année à partir de laquelle la comparaison est possible — jusqu'en 1912, ce sont elles qui ont le plus progressé. En 1905 elles avaient versé

(1) *Les Pensions ouvrières d'invalidité et de vieillesse*, par E. Ver Hees, Revue économique internationale, 15-20 août 1907.

1 336 000 fr., les sociétés scolaires 545 000 fr., et toutes les autres sociétés de retraite 4 593 000 fr. Celles-ci, en 1912, ont versé 7 046 000 fr. et les sociétés scolaires 811 000 fr.

Pour marquer le rendement insuffisant de la loi on a relevé bien des chiffres relatifs aux rentes, aux versements, au nombre d'affiliés n'ayant opéré aucun versement dans le cours d'une année déterminée. On a remarqué, notamment, que ce nombre n'avait cessé de croître en quantité et en proportion depuis 1900; il représentait alors 17 °/₀ environ de l'ensemble des affiliés, aujourd'hui il en représente 38 °/₀ environ. Il est d'expression courante que la loi du 10 mai 1900 a davantage manifesté ses effets en surface qu'en profondeur, et l'on s'est mis à regretter qu'il ne fût pas possible d'assigner aux versements un minimum et de leur imposer la régularité — mais c'est l'affaire de l'obligation — de faire dépendre l'octroi des primes du choix d'un âge d'entrée en jouissance plus élevé que 55 ans, afin de grossir le montant des rentes acquises — mais ceci est en corrélation avec une solution du problème de l'invalidité.

Il faut, cependant, se garder d'idées préconçues et se méfier de l'apparence des chiffres. Un exemple : en 1912, 81 030 rentiers ont touché 2 960 102,34 fr. d'où une rente moyenne de 36 fr. Mais ce n'est pas cet indice qu'il faut considérer. En effet, 64 297 de ces rentiers sont des personnes nées en 1843, 1844, 1845, 1846 et 1847, dont la majeure partie ont effectué des versements à la Caisse de Retraite non pour acquérir une rente, mais pour se mettre en règle avec les dispositions légales relatives à l'octroi de l'allocation de vieillesse de 65 fr. Les 16 733 rentiers restants ont touché 1 921 000 francs, d'où, pour eux, une rente moyenne de 115 fr. C'est cet indice et non le premier qui doit retenir l'attention. Dans le même ordre d'idées,

le versement annuel moyen rapporté au nombre des comptes actifs est un meilleur élément d'appréciation des résultats de la loi, au point de vue de l'efficacité des efforts de prévoyance, que le versement annuel moyen rapporté au nombre total des comptes. Or, en moyenne, primes comprises, les comptes actifs, sans variations sensibles, ont reçu constamment plus de 22 fr. depuis environ dix ans.

Matériellement parlant, il ne faut pas amoindrir les effets de la loi, ni diminuer le rôle de la Caisse de Retraite. Celle-ci, de 1901 à 1912, inclusivement, a reçu pour 43 448 882 francs de versements personnels à capital abandonné, pour 70 673 417 fr. de versements personnels à capital réservé et pour 49 245 437 francs de versements de primes. Elle a payé pendant la même période pour 22 758 096,21 francs d'arrérages de rentes et remboursé pour 3 178 049,40 fr. de capitaux réservés et pour 878 041,79 fr. de valeurs de rachat.

Mais, au fond, ce n'est pas uniquement vis à vis des statistiques et des déductions qu'il est permis plus ou moins logiquement d'en tirer, qu'il convient de situer la question. La loi du 10 mai 1900 n'a pas seulement ouvert une expérience de liberté organisée et encouragée, elle a aussi provoqué un énorme effort moral et cet effort ne peut pas être vain. En l'espèce, la Caisse de Retraite n'est pas une simple vendeuse de rentes à prix coûtant, mais, aussi, un instrument de propagande, un instrument de préparation à une pratique de plus en plus large de la prévoyance.

Avant la loi du 10 mai 1900, la Caisse de Retraite, plus que n'importe quelle autre institution similaire de l'étranger, a été cet instrument en Belgique. A leur début, les sociétés de retraite ont reçu d'elle l'aide la plus précieuse au point de vue de leur organisation et de leur fonctionnement, elle leur a prodigué ses avis et ses conseils ; ses archives sont pleines de correspon-

dances suggestives, où se lit l'histoire des tâtonnements, des hésitations, des incertitudes, des résolutions et des succès de ces sociétés.

Sans doute, elle ne fut pas la seule à pratiquer cet apostolat salutaire ; l'Office du Travail avec les organismes qu'il a créés, et la Mutualité, s'y employèrent dans une mesure de plus en plus large, qui dépassa celle à laquelle la Caisse se borna peu à peu, lorsqu'elle jugea que son rôle d'initiatrice avait été rempli. Toute cette action de la Caisse de Retraite a été comme un préambule à l'œuvre du législateur de 1900, dont elle a été, et est encore, l'un des meilleurs soutiens ; les effets de cette action se sont prolongés, la confiance réciproque qui unit aujourd'hui les sociétés mutualistes et la Caisse en procède directement. La Caisse de Retraite d'autre part — je le dis en passant — en fournissant un élément nouveau et de plus en plus important à l'activité de la mutualité, a contribué au développement même de la mutualité, et aux bienfaits de son influence sociale et moralisatrice. De ces points de vue particuliers remontant au point de vue général, il convient de dire que la loi du 10 mai 1900, tout imparfaits que l'on soit tenté de considérer ses résultats, a préparé le terrain à l'obligation reconnue indispensable aujourd'hui, et dont l'instauration dans notre législation avait été regardée comme impossible il y a quelque dix ans. Déjà le régime de l'obligation a été imposé à une catégorie nombreuse et importante de nos ouvriers, les ouvriers mineurs.

Le 27 juillet 1909, le Gouvernement déposa un projet de loi prescrivant l'affiliation obligatoire des ouvriers mineurs à la Caisse de Retraite et imposant aux Caisses de prévoyance réorganisées de continuer, dans les conditions de leurs anciens statuts, à pourvoir au service des pensions en cours. Elles devaient, en outre,

assumer la charge d'allocations supplémentaires aux ouvriers qui, par des versements normaux à la Caisse de Retraite, n'auraient pu acquérir une rente de 360 fr. à 65 ans (ouvriers de la surface), ou à 60 ans (ouvriers du fond). Quant aux ouvriers non affiliés aux Caisses de prévoyance, le projet spécifiait que les avantages que leurs patrons leur avaient accordés en matière de pensions ou de secours de vieillesse leur seraient conservés. Ce projet souleva diverses critiques : on lui reprocha de créer, durant un régime transitoire de plus de trente années, des différences entre les ouvriers suivant qu'ils seraient affiliés à telle ou telle Caisse de prévoyance, qu'ils appartiendraient à des exploitations non associées aux Caisses de prévoyance, mais ayant déjà pris certaines mesures en faveur de leur personnel, ou qu'ils travailleraient dans des charbonnages n'ayant encore rien ou presque rien fait pour secourir la vieillesse de leurs ouvriers. On lui reprocha encore de fixer à un âge trop avancé l'ouverture de la pension et de faire intervenir insuffisamment l'État dans la constitution.

Devant le projet du Gouvernement se dressa celui des « Francs-Mineurs », qui comportait la substitution à la Caisse Générale de Retraite sous la garantie de l'État, d'une Caisse Commune des pensions des mineurs belges chargée de centraliser l'administration des Caisses de prévoyance, et de capitaliser les versements effectués par ces caisses à capital abandonné au profit des ouvriers. Les Caisses de prévoyance devaient assumer la charge des pensions et des suppléments de pension du régime transitoire. Une Caisse de réserve administrée par la Caisse commune avait à intervenir, éventuellement, pour soutenir les Caisses de prévoyance.

Le Gouvernement ne se rallia pas au projet des Francs-Mineurs ; il ne se départit pas des principes

qui avaient inspiré son propre projet, mais se décida à en faire une application plus large et plus propre à assurer un traitement uniforme aux ouvriers pendant la période transitoire d'application de la loi. D'où des amendements qui, synthèse de désirs et d'efforts communs pour supprimer les inconvénients mis en lumière de part et d'autre, constituaient en somme un système nouveau. Ce fut la loi du 5 juin 1911.

L'affiliation obligatoire des ouvriers mineurs à la Caisse de Retraite était maintenue. Elle s'étendait à tous les ouvriers âgés de moins de 60 ans au 1r janvier 1912, et devait être réalisée par les exploitants, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une société mutualiste reconnue ou d'une Caisse de prévoyance. Voici les dispositions essentielles de la loi, qui poursuit la constitution d'un montant minimum de 360 francs d'allocations de retraite. Versements obligatoires de 24 francs par an — 18 francs pour les ouvriers âgés de moins de 21 ans — dont la moitié, au moins, à capital abandonné. Cessation des versements obligatoires quand, en supposant toutes les sommes inscrites au compte versées à capital abandonné pour acquisition de rentes à 60 ans, le montant hypothétique de ces rentes atteint 360 francs. Faculté de choisir l'âge d'entrée en jouissance des rentes entre 55 et 65 ans. Assimilation des Caisses de prévoyance aux sociétés mutualistes reconnues en ce qui concerne l'attribution des primes d'encouragement et des subventions annuelles prévues par la loi du 10 mai 1900. Octroi, en régime transitoire, à charge des Caisses de prévoyance, de pensions et de compléments de pensions aux ouvriers et anciens ouvriers satisfaisant à des conditions déterminées, ces pensions et suppléments de pensions prenant cours à l'âge de 60 ans ou de 55 ans pour une certaine catégorie d'ouvriers du fond. Attribution aux Caisses de prévoyance des

recettes suivantes : cotisations patronales variant entre 1 1/2 et 2 1/2 % du montant des salaires, contributions temporaires mensuelles de fr. 0,50 à charge des ouvriers âgés d'au moins 30 ans au 1r janvier 1912, contributions éventuelles de l'État et des provinces minières.

Des mesures adéquates aux dispositions de la loi du 5 juin 1911 ont été prises par la Caisse de Retraite ; elles ont été d'autant plus simples et plus expéditives que, sauf pour un seul charbonnage, les Caisses de prévoyance, organismes officiels dont les intérêts, d'ailleurs, en plus d'un point, appellent les mêmes précautions administratives que celles qui s'imposent à la Caisse de Retraite, représentent vis-à-vis de celle-ci tous les ouvriers assujettis à la loi. Les comptes de ces ouvriers ont été concentrés dans un service spécial, et il a été créé à leur nom des livrets paginés, destinés à recevoir toutes les inscriptions relatives au montant et à la nature des versements et aux rentes acquises. Ces livrets se prêtent à un contrôle permanent, tant au regard des écritures de la Caisse de Retraite qu'à celui de l'exécution régulière de la loi. L'ensemble des dispositions concernant les affiliations et les versements a été complété, en vertu d'une autorisation du Gouvernement, par la faculté donnée à la Caisse de Retraite de faire opérer ses paiements de rentes par l'intermédiaire des Caisses de prévoyance aux ouvriers jouissant d'un complément de pension à charge de ces Caisses. D'une façon générale, toute complication comptable a été écartée. Les Caisses de prévoyance ont travaillé de concert avec la Caisse de Retraite, en vue de la meilleure réglementation de leurs rapports réciproques ; il convient ici de leur rendre l'hommage qu'elles méritent.

La loi du 5 juin 1911, dans le cadre des institutions existantes — Caisse de Retraite et Caisses de pré-

voyance — a consacré le principe de l'obligation pour une catégorie nombreuse d'ouvriers comptant parmi ceux qui sont le plus attachés à leur métier et à leurs traditions professionnelles. Elle a amené à la Caisse de Retraite environ 180 000 affiliés nouveaux.

La Caisse de Retraite compte aujourd'hui en chiffres ronds 1 500 000 affiliés ; son fonds des rentes est de 208,5 millions de francs. Une nouvelle période de développement s'est ouverte pour elle, développement qui acquerra toute son étendue, lorsque la Législature aura voté l'assurance obligatoire pour tous les travailleurs, employés ou ouvriers des deux sexes, occupés moyennant rémunération pour le compte d'un chef d'entreprise, dans l'agriculture, l'industrie ou le commerce. Une fois de plus, en déposant le projet de loi ayant pour objet cette assurance au point de vue de la maladie, de l'invalidité prématurée et de la vieillesse, le Gouvernement a marqué sa confiance envers la Caisse Générale de Retraite en la désignant pour le service de la capitalisation des cotisations de retraite; il a rappelé d'ailleurs, que, en cette matière, des discussions et des législations antérieures avaient tranché cette question.

Dans cet aperçu positif sur la Caisse de Retraite, depuis ses origines jusqu'aujourd'hui, il n'y a point de place pour un exposé du projet du Gouvernement ; il suffit de mettre en évidence qu'en prescrivant d'effectuer les versements obligatoires à capital abandonné, en fixant à 65 ans l'âge d'entrée en jouissance des rentes, le projet débarrasse autant que possible l'assurance retraite des buts accessoires que le mode de versement à capital réservé et le libre choix de l'âge d'entrée en jouissance des rentes permettent de poursuivre au détriment de son but essentiel, la constitution de pensions de vieillesse.

La Caisse de Retraite, sous le régime de l'obligation,

va donc entrer dans une période d'activité ininterrompue et dépasser les limites fonctionnelles que les auteurs de la loi du 8 mai 1850, dans leurs prévisions les plus optimistes, lui avaient assignées. Sous l'influence d'une manifestation toujours plus expressive des idées de prévoyance et sous la poussée d'une législation sociale bienfaisante, elle n'a cessé depuis quelque vingt-cinq ans d'accentuer son action et d'accuser son importance. Son appareil administratif s'est naturellement étendu et compliqué ; c'est de règle pour une institution qui grandit et augmente de toutes parts ses rapports et ses contacts. Chaque contingent nouveau d'affiliés amène avec lui des charges nouvelles qui résultent et de sa force numérique et des conditions particulières auxquelles il est soumis. Le travail intérieur d'un grand établissement national de prévoyance, si ce travail doit, comme de raison, s'effectuer avec ordre, rapidité et exactitude est aussi délicat qu'il est considérable. Je ne puis le décrire ici. Un fait seulement. La tenue et le contrôle des comptes et la délivrance de leurs extraits exigent annuellement 16 1/2 millions d'inscriptions numériques manuscrites et 14 1/2 millions d'inscriptions numériques à la machine. C'est grâce à des traditions bien assises, à l'expérience d'un personnel spécialisé, à la recherche constante du mieux et du meilleur que la tâche s'accomplit et que l'on peut avec confiance envisager son accroissement.

C. Beaujean,
Directeur à la Caisse Générale d'Épargne et de Retraite.

CONFÉRENCE INTERNATIONALE DE L'HEURE

Paris, 15-23 octobre 1912

Rendre effective l'unification de l'Heure sur toute la surface du Globe, tel était le but poursuivi par le Bureau des Longitudes dans la convocation de la Conférence Internationale de l'Heure. C'était là une œuvre grandiose, éminemment utile, appelée à avoir un retentissement profond non seulement dans le monde scientifique mais même dans la vie courante, digne en tous points des traditions glorieuses du Corps savant qui l'avait entreprise. A l'appel du Bureau des Longitudes, transmis par le Gouvernement français, quinze États, représentant la majorité des peuples civilisés, répondirent avec empressement. Les travaux de leurs délégués, unis aux représentants de la France, ont jeté, en octobre 1912, les bases de l'œuvre qu'ils vont continuer dans un commun effort.

Nous voudrions exposer ici la nature du problème envisagé et les solutions préconisées par la Conférence de Paris. Pour ce faire nous recourrons aux mémoires présentés, aux procès-verbaux de ses séances et à

quelques publications postérieures des délégués nationaux (1).

Le Problème de l'Heure. — De tout temps, l'homme, pour mesurer la durée, s'est servi de ce phénomène naturel qu'est le jour solaire. Déjà pour être applicable aux usages, ne disons pas scientifiques, mais simplement d'exactitude courante, cette unité demande à être précisée, légèrement modifiée et sous-divisée. Les astronomes ont été ainsi conduits à considérer le

(1) CONFÉRENCE INTERNATIONALE DE L'HEURE, Paris, Gauthier-Villars, 1912. — Procès-verbaux des séances, pp. 12-118. — Commission provisoire, pp. 121-134. — Claude, Conservation de l'heure, pp. 135-164. — Favé, Conservation de l'heure, pp. 165-182. — Ferrié, Application de la télégraphie sans fil à l'envoi de l'heure, pp. 183-210. — Signaux horaires et radiotélégrammes météorologiques de la tour Eiffel, pp. 211-216. — Driencourt, Transmission radiotélégraphique de l'heure, pp. 217 234. — Abraham, Sur l'inscription des signaux horaires, pp. 235-238. — Wulf, Méthode photographique de comparaison précise des horloges astronomiques à distance, pp. 239-242. — Lucas, Méthode photographique de comparaison précise d'un chronomètre par réception radiotélégraphique, pp. 243-244. — Perot, Sur quelques essais d'inscription électrochimique de signaux hertziens, pp. 245-246. — Frouin, Au sujet de la transmission de l'heure exacte aux administrations et aux particuliers, pp. 247-250. — Cosserat, Sur la mise à l'heure des horloges sur le réseau de l'Est, pp. 251-254. — Angot, Réponse à la question VI du programme, pp. 255-256. — Angot, Sur les applications de la Radiotélégraphie à la Météorologie, pp. 257-260. — Lallemand, Projet d'organisation d'un service international de l'heure, pp. 261-268. — Violle, Sur l'utilité des signaux horaires pour l'étude des orages, pp. 269-270. — Note au sujet de l'organisation actuelle des signaux horaires scientifiques émis par la tour Eiffel, pp. 271-274.

R. Schorr, Bericht über die Aufnahme der funkentelegraphischen Zeitsignale von Norddeich und Paris auf der Hamburger Sternwarte in Bergedorf, 1911 August bis 1912 Oktober. Notes de 8 pages distribuée aux délégués à la Conférence.

G. Lecointe, La Conférence Internationale de l'Heure de Paris et l'Unification de l'Heure, dans LA VIE INTERNATIONALE, Bruxelles, 1912, fasc. 1., t. II, pp. 43-60.

E. Kohlschütter, Die internationale Zeitkonferenz zu Paris vom 15 bis 23 October 1912, dans ANNALEN DER HYDROGRAPHIE USW., Berlin, 1912, Band 40, Heft XII, 12 pages.

B. Wanach, Bericht über eine internationale Zeitkonferenz in Paris, im Oktober 1912, dans DIE NATURWISSENSCHAFTEN, Berlin, 1913, Heft 2, pp. 35-38.

Ferrié, Application de la Télégraphie sans Fil au Problème de l'Heure, dans T. S. F., Valenciennes, 1913, n° 6 (juin), pp. 1-7.

jour solaire moyen. Le jour solaire moyen est constant. Divisé en heures (24), puis en minutes (1440), puis en secondes (86 400), il se prête bien aux calculs astronomiques. Mais il commence à midi moyen, ce qui, pour l'usage de la vie courante, n'est pas commode. On lui substitue à cette fin le jour civil égal en durée, donc jour de temps moyen, mais qui commence 12 heures plus tôt, c'est-à-dire à minuit moyen. Nous ne parlerons que du temps civil, de **l'heure civile** — à moins de spécifier le contraire.

Mais une même phase du mouvement apparent du Soleil, prenons son passage au méridien, a lieu à des moments différents aux différents lieux de la terre. A parler juste, l'heure civile à Bruxelles ou heure locale de Bruxelles, retarde sur l'heure civile à Liége, elle avance sur l'heure civile à Ostende. Ces différences sont faibles et, jusqu'au milieu du dernier siècle, **l'heure locale** répondit entièrement à tous les besoins courants.

Le développement des chemins de fer, la multiplicité des voyages rapides vinrent modifier cet état de choses. Pour coordonner les mouvements des trains sur des réseaux de plus en plus développés, on se vit obligé de rapporter leur marche à une heure unique pour tout le réseau. Nous eûmes ainsi en Belgique l'heure de Bruxelles ou heure belge, l'heure de Paris ou heure française, etc... L'heure locale cédait le pas à l'**heure nationale** élevée souvent à la dignité d'**heure légale**. Le branle était donné. L'unification de l'heure était en marche.

Ce mouvement ne pouvait plus s'arrêter avant la réalisation de l'Heure Universelle, car les raisons qui avaient motivé la première atteinte portée au régionalisme étroit symbolisé par l'heure locale, allaient, plus ou moins modifiées, battre en brèche l'heure nationale elle-même, dont elles avaient justifié l'adoption.

Et l'on vit, il y a une bonne vingtaine d'années, le système des **fuseaux horaires** s'imposer de plus en plus à l'opinion et se faire adopter successivement par la plupart des nations civilisées. Après une longue résistance, la France finit par s'y rallier en 1911 et, par là, l'heure de Greenwich devint, en principe, l'unique point de repère auquel, désormais, sur la surface entière du globe, serait rapporté le comput du temps. Les rares pays dissidents ne peuvent manquer de suivre à bref délai. Par l'adoption des fuseaux horaires, l'**Heure Universelle** était donc établie, **théoriquement** du moins et en principe.

Mais s'agissait-il de réaliser **pratiquement**, de rendre effective, cette unification générale de l'heure avec une précision adéquate aux nécessités de la vie courante et aux besoins des travaux scientifiques, de grosses difficultés subsistaient encore.

En effet comment se faisaient, en général, la détermination de l'heure, sa conservation et sa distribution ?

L'heure est déterminée par certains observatoires et conservée par eux au moyen de pendules de haute précision. La distribution, dans le cas le plus favorable, est faite, depuis l'observatoire, par le télégraphe ou le téléphone. Mais chaque observatoire n'atteint directement que quelques centres importants qui, à leur tour, transmettent l'heure reçue aux localités secondaires. Cette distribution *en cascade* est longue à réaliser et, accumulant les erreurs de transmission et de réception, n'est pas susceptible de grande exactitude. Elle manque en outre de généralité : car elle ne peut pas, pratiquement, atteindre toutes les communes et tous les établissements intéressés, encore moins tous les particuliers. Bien plus, les navigateurs une fois en mer, sont livrés à eux-mêmes et aussi, dans la plupart des cas, les explorateurs et les géodésiens.

Mais, dans ces derniers temps, la T. S. F. avait prouvé qu'elle était capable de fournir la solution générale et précise du **Problème de l'Heure Universelle.** Des postes radiotélégraphiques associés à des Observatoires astronomiques envoyaient des signaux horaires à de grandes distances : on citait spécialement la tour Eiffel à Paris, Norddeich en Allemagne, et Washington en Amérique. Pourtant, tout en se félicitant des résultats déjà obtenus, on sentait vivement les lacunes et les imperfections du système en vigueur. Les heures transmises par les divers postes T. S. F. manifestaient des divergences sensibles. La différence des schémas des émissions créait une complication gênante. La distribution des signaux dans la journée n'était pas satisfaisante.

Il s'agissait maintenant de coordonner, en vue de la transmission d'une heure partout identique et toujours plus exacte, les efforts isolés faits jusqu'à ce jour, dans ce sens, par quelques nations, et ceux à faire jusqu'au moment où la surface entière du globe serait couverte par les ondes électriques des signaux horaires. (Lallemand, Confér., p. 261).

Bref, la nécessité d'une collaboration internationale effective apparaissait clairement à tous les esprits préoccupés du problème de l'heure universelle et soucieux de tirer des ressources présentes tout le parti possible, pour la solution adéquate de ce problème important.

Tel était, en gros, l'état de la question, tel l'état des esprits au moment où s'ouvrit, à Paris, la Conférence Internationale de l'Heure, le 16 octobre 1912.

On devine après cela que, sans grande discussion, les délégués à la Conférence se mirent d'accord pour émettre les vœux suivants :

Création d'une Commission Internationale de l'Heure et d'un Bureau International de l'Heure. — 1. « Il est utile de chercher à réaliser l'unification de l'heure, par l'envoi de signaux radiotélégraphiques, qu'il s'agisse de signaux ordinaires ou de signaux scientifiques (1).

2. » L'heure universelle sera celle de Greenwich.

3. » Il sera utile de créer une *Commission Internationale de l'Heure*, dans laquelle chacun des États adhérents sera représenté par des délégués.

4. » Il sera utile de créer, sous l'autorité de la *Commission Internationale de l'Heure*, un organe exécutif : *Bureau International de l'Heure*, dont le siège sera à Paris. »

Avant d'être présentés à l'approbation de la Conférence réunie en séance plénière, ces vœux avaient été discutés en une Sous-commission spéciale, comprenant un délégué par État. Il est à noter que M. Asaph Hall, délégué des États-Unis, crut devoir faire des réserves au sujet même de l'organisation internationale à qui serait confié le soin de réaliser l'unification de l'heure. Les autres membres de la Sous-commission furent unanimes à recommander expressément cette organisation internationale du service de l'Heure, et le texte cité ci-dessus fut adopté en séance plénière, le 23 octobre. (Confér., pp. 112, 117 et 41).

Le choix de Paris comme Centre de l'Heure Universelle, fut proposé par M. Foerster, directeur émérite de l'Observatoire de Berlin, délégué de l'Allemagne. C'était formuler la pensée commune et rendre délicatement un juste hommage au Bureau des Longitudes et au Service de l'Heure que la collaboration de l'Observatoire de Paris et du poste radiotélégraphique militaire de la

(1) La distinction connue entre signaux ordinaires et signaux scientifiques est rappelée ci-après, p. 449.

Tour Eiffel avait déjà porté à un si haut degré de perfection.

Mission de la Commission Internationale de l'Heure et du Bureau International de l'Heure. Commission provisoire. — Aux vœux énoncés ci-dessus et qui résolvaient la question fondamentale posée à la Conférence, les délégués en adjoignirent immédiatement une série d'autres définissant le rôle du Bureau International. Enfin la nomination d'une **Commission provisoire** fut proposée et adoptée dans les termes suivants :

5. « En attendant que les circonstances permettent la réalisation de ce programme, [esquissé dans l'ensemble des vœux mentionnés jusqu'ici] une Commission provisoire, nommée par la Conférence, pourrait organiser, à titre d'essai, la coopération dont il s'agit, et étudier les améliorations de toute nature à apporter à ce projet avant de le soumettre officiellement à l'approbation des gouvernements. »

6. Puis conformément au vœu émis par l'Association internationale des Académies, réunie à Londres en 1904, la Conférence pria l'Académie des Sciences de Paris de bien vouloir soumettre à cette Association internationale, en l'appuyant, le projet de création de la Commission Internationale de l'Heure.

La Commission provisoire, nommée par la Conférence, s'est réunie les 23, 24 et 25 octobre, à l'Observatoire de Paris. Elle a élaboré et discuté un projet de Statuts pour la Commission Internationale de l'Heure, projet destiné à être soumis à l'examen des divers Gouvernements.

Voici les articles les plus intéressants de ce projet de statuts. Nous y trouvons notamment, définie d'une façon très claire, la mission du Bureau International de l'Heure.

« Art. 1. Il est créé une Commission Internationale de l'Heure ayant pour objet l'unification de l'Heure par l'envoi de signaux radiotélégraphiques ou autres, qu'il s'agisse de *signaux scientifiques de haute précision* [tels les battements rythmés, voir p. 483] ou de *signaux ordinaires*, répondant aux besoins de la navigation, de la météorologie, de la sismologie, des chemins de fer, postes et télégraphes, des administrations publiques, horlogers, particuliers, etc.

» Art. 5. Le Bureau International de l'Heure a pour objet :

1° Pour ce qui touche les *signaux ordinaires*, de centraliser les résultats des déterminations de l'Heure universelle, exprimée en temps de Greenwich, qui lui seront transmis par les centres horaires nationaux, chargés eux-mêmes de calculer, de la manière la plus exacte, l'heure moyenne, déduite des déterminations faites par les observatoires de leur propre pays.

» 2° Pour ce qui regarde les *signaux scientifiques*, de centraliser les résultats des déterminations de l'Heure faites dans les observatoires associés et d'en déduire l'heure la plus exacte.

» Le Bureau International de l'Heure publie les résultats de ses comparaisons. Pour ceux de ces résultats qui ne seraient pas promptement imprimés, il les communique au Bureau central de l'*Association Géodésique Internationale*, à Potsdam, en vue des discussions approfondies que ce Bureau jugerait utile d'entreprendre.

» Il les communique également aux autres associations officielles qui les demanderaient...

» Art 6. Le Bureau International comprend, outre le Directeur :

» 1° Des *Collaborateurs scientifiques*... chargés d'études spéciales et déterminées...

» 2° Des *Assistants scientifiques et des Aides*...

chargés des travaux figurant au programme arrêté par le Conseil permanent ». [Le Conseil permanent est constitué par l'assemblée de ceux des délégués des États qui jouissent du droit de vote dans les questions d'ordre administratif ou mixte. Art. 4 et 13].

Les Art. 7, 8 et 9 règlent les cotisations des États et la gestion des finances du Bureau. Les cotisations varient de 400 à 2000 fr. suivant la population des États.

« Art. 13. L'assemblée générale [constituée par la réunion de tous les délégués des États, Art. 2] se réunit au moins tous les trois ans sur convocation de son Président...

» Art. 14. Un tiers des États a le droit de requérir du Président la convocation d'une assemblée générale extraordinaire, en indiquant l'ordre du jour à soumettre à l'assemblée. »

Vers la fin de l'Art. 5, il est fait appel à la collaboration de l'Association Géodésique Internationale. Cet appel doit son origine à une motion de M. Foerster faite à une séance de sous-commission. L'éminent Directeur émérite de l'Observatoire de Berlin a rappelé que les mesures récentes ont fait reconnaître la nécessité de renouveler, en tenant compte de la rigidité de la Terre, un grand nombre de formules employées jusqu'ici, pour les latitudes par exemple. On sera sans doute obligé aussi de faire intervenir ce facteur dans le calcul des longitudes déterminées avec le concours des centres horaires répartis autour du globe. Le Bureau de Postdam serait tout à fait qualifié pour centraliser les calculs à faire d'après les renseignements recueillis par le Bureau central de l'Heure et pour tirer de ces calculs les conclusions les plus précises.

A ce propos, MM. Charlier-*Suède* et vande Zande-Bakhuyzen-*Pays-Bas* ont fait remarquer que chaque observatoire serait mieux à même de mener à bonne fin les calculs basés sur ses propres observations.

Seul l'astronome qui fait les mesures et qui connaît les instruments employés, peut vraiment utiliser pour les calculs les nombres obtenus. Il faudra peut-être attendre des années, si l'on veut n'envoyer à Potsdam que des résultats très précis.

Finalement, il fut acté au procès-verbal, que, suivant l'opinion de M. Bakhuyzen, opinion partagée par quelques membres de la Sous-Commission, la demande à adresser au Bureau de Potsdam ne devrait porter que sur les questions touchant à la géodésie (CONFÉR., pp. 114, 115 et 118) et la résolution suivante fut votée :

7. « Le Bureau International de l'Heure communiquera les résultats des comparaisons qui ne seraient pas promptement publiés, au Bureau central de l'Association Géodésique Internationale, à Potsdam, auquel on demandera d'en entreprendre la discussion approfondie. Ces résultats seront également communiqués aux autres associations officielles internationales qui les demanderaient. »

Nous venons de voir comment ce texte a été modifié par la Commission provisoire.

Nous avons maintenant à résumer les discussions auxquelles donna lieu, au sein de la Conférence, l'étude des éléments primordiaux du Problème de l'Heure Universelle et des exigences auxquelles le Centre Horaire mondial aurait à satisfaire. Les principales considérations présentées se groupent naturellement autour de ces deux points :

A. Détermination et conservation de l'heure.

B. Distribution de l'heure.

A. DÉTERMINATION ET CONSERVATION DE L'HEURE

Détermination de l'heure. — D'après M. Wanach-*Potsdam*, la méthode à préférer pour la détermination de l'heure consiste dans l'observation de passages

d'étoiles, à un instrument transportable, muni d'un micromètre enregistreur, et susceptible de retournement au milieu du passage, même pour les étoiles horaires. Cet instrument donne de meilleurs résultats que le cercle méridien. La haute précision de cette méthode s'est manifestée, en particulier, dans la détermination de la différence de longitude entre Potsdam et Greenwich.

M. Driencourt-*Paris* est d'avis que les conditions de stabilité requises par la méthode des passages sont irréalisables (mouvements sismiques, marées de l'écorce terrestre). Au contraire, la méthode des hauteurs égales appliquée avec un instrument adéquat, tel que l'astrolabe à prisme, est à l'abri de ces critiques. La précision des déterminations de l'heure exécutées avec lui est voisine de la limite de $0^s,01$.

Les critiques adressées à la méthode des passages ne paraissent pas, au sens de M. Renan-*Paris*, avoir une grande importance. On peut prévenir l'instabilité, la mesurer, si elle se produit, et en tenir compte. Si elle échappe à la mesure, son influence sur les résultats est négligeable. D'autre part, la méthode des hauteurs égales ne paraît pas aussi précise et les calculs qu'elle exige sont bien compliqués. Le non-emploi du micromètre enregistreur est fâcheux, à cause de la non-élimination de l'équation personelle.

Conformément aux expériences déjà faites par le Bureau des Longitudes, M. Bigourdan-*Paris* souhaite que l'on continue à employer les deux méthodes concurremment. On jugera leurs résultats par comparaisons. M. le général Bassot-*Nice* est du même avis ainsi que M. Lallemand-*Paris*. Ce dernier rappelle les résultats concordants obtenus au moyen des deux méthodes par le Service géographique de l'Armée française. (Confér., pp. 54-59).

Au sujet de la **conservation de l'heure**, M. Bigourdan-*Paris* propose de contrôler les pendules des horloges ordinaires par comparaison avec des pendules libres, à tiges en invar ou en quartz fondu, placés dans le vide, et assez longs pour que leurs oscillations durent plusieurs jours.

Un pendule de quatre mètres de longueur a été installé à l'Observatoire de Nice, sur les indications de Cornu. La tige est actuellement en invar. La marche très bonne déjà (1^s à 2^s par mois, en hiver) est susceptible d'amélioration ultérieure. Mais, déjà maintenant, la continuité de la marche de ce pendule est telle qu'on peut interpoler avec une grande précision la correction de l'heure. (Bassot-*Nice*, Confér., p. 60).

Il ne sera pas sans doute hors de propos de préciser les sens de quelques-uns des termes employés à l'instant et que nous allons, du reste, rencontrer à plusieurs reprises.

Les principaux appareils de précision servant à la mesure du temps sont :

1° *Les horloges astronomiques à pendule et à poids*, instruments souvent de très haute précision. Elles battent en général la seconde (de temps moyen, par exemple).

2° *Les chronomètres dits de marine*, à ressort moteur, fusée et échappement à détente. Suspendus à la cardan, ils tendent à reprendre leur position d'équilibre, lorsqu'ils en ont été écartés par déplacement de leur support. Ils battent la demi-seconde.

3° *Les compteurs* sont plus petits que les chronomètres mais de même construction, non suspendus à la cardan. Ils battent en général le $0^s,4$.

4° *Les montres de torpilleurs*. Analogues aux montres de poche, dites à secondes trotteuses, mais d'un calibre plus fort. Échappement à ancre. Elles battent le $0^s,2$.

5° *Les montres no-magnétiques.* Analogues aux précédentes, mais protégées contre les perturbations produites par des champs magnétiques intenses.

Tous ces appareils sont également dits *garde-temps.*

Supposons que des observations astronomiques très précises montrent qu'aujourd'hui 20 septembre, à 21 h. de temps moyen de Greenwich, un de ces garde-temps retarde de $19^s,38$. Il faut donc ajouter à ses indications $+ 19^s,38$ pour qu'elles donnent l'heure juste. On dira qu'à l'époque susdite, la *correction* du garde-temps, ou son *état absolu* ou simplement son *état* sur le temps moyen de Greenwich était de $+19^s,38$. Cet état résultant d'observations astronomiques est un *état observé.* (Si le garde-temps avait *avancé*, la correction ou état eût été *négative*).

Le 24 septembre à 23 h., on trouve un nouvel *état observé* de $+18^s,75$. La correction *positive* à apporter à ses indications ayant diminué, nous concluons immédiatement que le garde-temps *ne marche pas assez vite.* De combien par jour ? Pendant l'intervalle considéré, c.-à-d., en 4 jours + 2 heures = 4,08, la différence entre les états observés a été de $18^s,75 - 19^s,38$; cela fait, par jour, $(18^s,75 - 19^s,38) : 4,08 = - 0^s,154$. On dit d'après cela que la *marche diurne* ou simplement la *marche* du garde-temps est de $- 0^s,154$. Un garde-temps qui ne marche pas assez vite a donc une marche négative. S'il conserve une allure du même sens, l'avance qu'il possède ira en diminuant, s'annulera puis se transformera en retard : autrement dit, son état de positif deviendra nul, puis négatif. — Au contraire, une *marche positive* caractérise un garde-temps dont la marche est *trop rapide.*

Admettons pour le moment que cette marche diurne de $- 0^s,154$ ait été constante du 20 au 24 septembre. Nous en déduirons que le 22 septembre à 9 heures, par exemple, soit 1 jour et 12 heures ou 1,5 jour après

le premier état observé, l'état ou correction devait être de $+19^s,38 - 0^s,154 \times 1,5 = +19^s,15$. Cet état obtenu par le calcul pour une époque comprise *entre* deux états observés, ou *par interpolation*, est dit *état interpolé*.

Sous le bénéfice de la même hypothèse, on peut calculer d'avance, la correction du garde-temps, par exemple pour le 27 septembre à midi. On trouve $+18^s,75 - 0^s,154 \times 2,54 = +18^s,36$. Ce calcul est une *extrapolation*, le résultat un *état extrapolé*. (Wanach, Bericht, p. 36).

On comprend que, en général, mieux on a suivi la marche d'un garde-temps de précision avant et après l'époque pour laquelle on est amené à calculer un état par *inter*polation, et plus le résultat du calcul méritera de confiance. Au contraire, dès que l'*extra*polation s'écarte un peu notablement du dernier état observé, l'état extrapolé devient suspect d'une imprécision plus ou moins notable.

Bien des causes en effet amènent des perturbations dans la marche des horloges, montres et chronomètres. Ce sont : les modifications que subissent avec le temps et les organes métalliques des instruments et le centrage des zones et des pignons, et les frottements, et surtout la viscosité des huiles; les variations de la température, de la pression et du degré hygrométrique de l'air, du champ magnétique; et les trépidations.

Par suite, une des caractéristiques principales du fonctionnement de tous les instruments d'horlogerie est l'instabilité de leur précision. Les meilleurs et les mieux abrités contre les changements de température, de pression et d'humidité restent sujets à des dérangements de diverses natures. La variation des marches se fait d'ordinaire par degrés insensibles et manifeste ainsi une continuité. Ce n'est pas toujours le cas. On constate parfois entre deux états consécutifs un écart tout à fait anormal que l'on caractérise par le terme de

saut. Parfois encore, le fonctionnement devient mauvais pour un temps, puis s'améliore à nouveau. Souvent le mal s'aggrave, et il n'est pas toujours possible de se rendre compte, après démontage, de la cause du dérangement (Confér., Claude, p. 61, Favé, p. 169).

On n'est plus étonné, après cela, d'entendre M. Claude-*Paris* déclarer que, jusqu'à ce jour, on n'a pu encore établir une formule suffisamment approchée pour conserver l'heure au moyen d'une seule pendule, même pendant un temps relativement court. Sans doute, l'influence de la pression sur la marche d'une pendule se détermine facilement *par l'expérience*. Mais on ne réussit pas, par exemple, à tenir convenablement compte de la température pour prédire un état.

Une seule pendule ne suffit donc pas, si parfaite soit-elle, pour conserver l'heure et l'on se trouve obligé de contrôler sa marche, soit par des observations astronomiques, soit par des comparaisons de plusieurs garde-temps entre eux.

Le contrôle par les observations astronomiques est le seul sûr. Malheureusement, sous nos climats surtout, l'état du ciel ne permet souvent pas de l'utiliser. Le contrôle par comparaisons n'offre que des probabilités, jamais de certitude. Sur trois pendules, deux peuvent rester d'accord ; on aurait tort d'éliminer celle qui semble fautive. M. Claude a eu l'occasion de le constater expérimentalement.

Dans un long et important mémoire (Confér., pp. 135-163), le distingué membre adjoint du Bureau des Longitudes expose la méthode qu'il emploie pour conserver l'heure. Les formules qu'il établit entre les états, les coefficients de température et de pression, etc., en s'appuyant sur l'hypothèse d'une continuité, conduisent à des résultats remarquables. Soit, par exemple, les quatre pendules 1, 2, 3, 4, qu'il compare

fréquemment entre elles par la méthode des coïncidences (voir p. 483), au moyen d'un chronomètre auxiliaire. On en a deux états observés à 5 jours d'intervalle seulement. Il s'agit de prédire l'état de la pendule 1, par exemple, 22 jours plus tard. — Les formules fournissent pour cet état extrapolé 26^s73 et des observations faites, au jour dit, avec l'astrolabe à prisme, ont donné 26^s90 : la différence n'est que de $0^s,17$!

A ces formules, on peut substituer un graphique. Les résultats sont également des plus satisfaisants.

Pour plus de certitude, on doit employer les deux procédés simultanément. Le graphique a, notamment, l'avantage de déceler plus clairement que les nombres, les anomalies de marche, surtout quand le nombre des pendules est grand.

Relativement aux chronomètres, M. Claude fait remarquer qu'on ne doit jamais négliger leur concours pour la conservation de l'heure. Dans les mouvements sismiques, par exemple, les pendules peuvent s'arrêter, se troubler tout au moins. Seuls les chronomètres sont alors susceptibles de conserver l'heure. Du reste, il a été constaté qu'un certain nombre de chronomètres ont décelé des anomalies de marche de pendules.

M. van de Sande-Bakhuyzen-*Pays-Bas* (Confér., pp. 62-65) donne quelques détails sur la pendule normale de l'observatoire de Leyde. On a voulu la faire aussi simple que possible, sans reculer devant le surcroît assez considérable de calculs que cela entraînait.

La pendule est à échappement Graham; elle a un balancier à cuvette de mercure. Le milieu où elle se trouve n'est pas à température constante, mais les variations de la température dans la niche où elle est installée, relevées cinq fois par jour au $0^\circ,01$, sont si lentes que l'amplitude de la période diurne dans la

marche de la pendule ne peut être qu'insensible. L'air de la niche est à la pression ambiante; on tient compte des variations barométriques. Pas d'interrupteur électrique; pareil organe, quelque parfait qu'il soit, compromet toujours plus ou moins la régularité de la marche.

La pendule de Leyde a plus de 50 ans d'âge; elle n'a été nettoyée que deux fois, la dernière fois en 1899, et la régularité de sa marche, loin de diminuer, a, au contraire, augmenté. Le maximum de régularité n'est atteint que plusieurs années après un nettoyage.

M. Blumbach-*Russie* (Confér., p. 64) donne un résumé des résultats numériques obtenus de 1902 à 1912, au service de l'heure à St Pétersbourg. Comme étalons on a quatre pendules de Riefler à roues de contact, sous pression constante; la variation diurne de température est sensiblement nulle et la variation annuelle est de 2^0 à 3^0. — Les pendules sont comparées tous les jours à midi, automatiquement, sur un chronographe Hipp (1 seconde = 40 mm.). L'erreur maximum d'une comparaison complète est $0^s,005$. — Par combinaison des quatre pendules, on obtient des états extrapolés pour 5 à 7 jours avec une erreur de 0^s03 à 0^s05.

M. Favé-*Paris* fait une communication (Confér., pp. 65-67) sur les pendules du Service hydrographique de la Marine française :

Le Service hydrographique compte au nombre de ses attributions l'achat et l'entretien des chronomètres nécessaires aux besoins de la marine. Les achats sont effectués à la suite de concours entre les instruments présentés par divers horlogers. Le classement de ces instruments, ainsi que le contrôle de ceux qui ont subi des réparations, nécessite la connaissance de l'heure aussi précise que possible. Un certain nombre de pendules sont affectées à la conservation de l'heure.

La situation de l'établissement du centre de Paris est défavorable à la précision des observations astronomiques, ainsi qu'au fonctionnement des pendules (trépidations). Celles-ci ne sont pas jusqu'ici mises à l'abri des effets ni des changements de température, ni de ceux de la pression barométrique. L'étude suivie de ces instruments, tous de modèles assez anciens, mais dus à des artistes renommés, tels que Bréguet, Motel, Winnerl, etc., n'est pas néanmoins sans intérêt.

Voici quelques-uns des faits résultant de cette étude :

1° La compensation thermique, obtenue par des moyens variés, change souvent de valeur et de sens lorsqu'on procède au nettoyage et au renouvellement de l'huile sans toucher au pendule, ni modifier par suite le mécanisme de la compensation. — L'action de la température est presque immédiate pour certaines pendules ; pour d'autres, elle subit un retard manifeste pouvant s'élever à 5 jours. Ce retard n'est pas constant et paraît dépendre de la *rapidité* des variations de température. — On peut appliquer aux états des corrections qui les améliorent incontestablement quand on envisage de longues périodes. Pour des périodes de quelques jours seulement, aucune formule n'a paru susceptible d'apporter de l'amélioration.

2° L'action des variations de pression est très nette, paraît instantanée et l'on en tient compte dans la détermination des marches.

3° Fait signalé dans d'autres établissements et encore inexpliqué : Les pendules paraissent subir parfois des perturbations de même grandeur et de même sens.

Les diverses pendules sont comparées journellement par la méthode des coïncidences qui permet une approximation de $0^s,01$ à $0^s,03$. — Les meilleures pendules du Service hydrographique ne sont pas munies de contacts électriques, lesquels, quel que soit le dispositif adopté, apportent toujours quelque perturbation au

fonctionnement de la pendule. On suit les battements de la pendule *étalon* ou *directrice* au moyen d'un téléphone actionné par un microphone adapté sur la pendule.

La marche la plus probable de la pendule étalon est établie, d'après ces comparaisons, par un procédé de discussion graphique exposé en détail dans le mémoire présenté à la Conférence (Confér., pp. 165-181). En voici le principe : Pour étudier le fonctionnement d'un garde-temps, il est très avantageux de tracer une courbe où l'on porte le temps en abscisses et les états en ordonnées. Si l'on joint par un trait continu des états successifs séparés par d'assez longs intervalles, cette ligne présente en général des courbures assez faibles variant d'une façon progressive ; elle a un caractère très net de *continuité*. Si l'on multiplie les états observés dans les intervalles considérés, la courbe des états devient plus sinueuse. Mais on peut tracer une courbe moyenne telle que la différence des ordonnées de ses points avec celles des états, tantôt positives, tantôt négatives, aient une somme nulle ; cette courbe présentant le même caractère de continuité que celle qui reliait des états espacés. Cette continuité de la courbe moyenne s'appelle la *continuité primaire*. La ligne qui joint tous les états oscille autour de la courbe moyenne, mais on constate qu'elle présente, elle aussi, une continuité très caractérisée, et que l'on appelle *continuité secondaire*.

On pourrait déjà déterminer des états probables entre les états observés en utilisant simplement la courbe moyenne. Mais il est plus exact de tenir compte en outre de la continuité secondaire de la courbe de tous les états réels. On prendra donc comme courbe des états probables une courbe proche de la courbe moyenne et se raccordant tangentiellement à la courbe des états réels.

D'une façon analogue, on peut considérer, au lieu de la courbe des états, la courbe des marches.

Ces diverses courbes se tracent facilement à vue. On les établit pour chacune des pendules dont on dispose et on prend la moyenne des ordonnées.

Ce procédé de discussion qui consiste à mettre en œuvre, graphiquement, à vue et par suite d'une façon assez grossière, le principe de continuité résultant de l'expérience, prête à la critique à plusieurs points de vue. L'auteur le reconnaît volontiers. Le principal inconvénient de la méthode est la large place qu'elle laisse à l'arbitraire et le fait qu'elle ne donne pas des résultats identiques lorsqu'elle est appliquée par divers opérateurs. — Il n'en est pas moins vrai que, tel quel, ce procédé a permis à diverses reprises de s'apercevoir *dès leur début* de dérangements de la pendule étalon que leur aggravation progressive a rendu indéniables et, par suite, d'en atténuer les effets.

A la suite de ces exposés et discussions, la Conférence adopta la résolution suivante :

8. « Les résultats fournis par les différentes méthodes et les divers instruments en usage pour la détermination et la conservation de l'heure seront transmis à la Commission internationale pour la discussion astronomique et géodésique de toutes les questions relatives à l'heure .» (Confér., pp. 67, 25, 30, 40).

B. DISTRIBUTION DE L'HEURE

Rappelons d'abord que la Tour Eiffel (= FL) émet des signaux horaires depuis le début de 1910.

Les signaux horaires proprement dits, ou *signaux ordinaires*, sont transmis le matin à $10^h45^m0^s$, $10^h47^m0^s$ et $10^h49^m0^s$; la nuit à $23^h45^m0^s$, $23^h47^m0^s$ et $23^h40^m0^s$ (temps civil de Greenwich). Ces signaux sont constitués

par des points ou tops radiotélégraphiques ayant une durée d'un quart de seconde environ, et chacun d'eux est précédé d'une série de signaux d'avertissement.

Ces tops sont produits aussi exactement que possible aux instants voulus, grâce aux dispositions suivantes : Une pendule spéciale de l'Observatoire, *pendule envoyeur de signaux*, est munie d'un contact électrique se fermant *automatiquement* pendant un quart de seconde, à chacune des heures indiquées ci-dessus. Ce contact est relié, par l'intermédiaire d'une ligne souterraine, à un relais pouvant actionner les appareils d'émission de la station radiotélégraphique de la Tour Eiffel. — Peu avant l'envoi des signaux de jour et de nuit, l'astronome de service remet la pendule à l'heure, après l'avoir comparée à la *pendule directrice* de l'Observatoire; les appareils d'émission sont reliés au relais et l'envoi s'opère comme il vient d'être dit. Par la méthode des coïncidences (ci-après p. 483 et Ferrié Confér., pp. 194-196), on mesure périodiquement avec grand soin, le retard (de $0^s,08$ à $0^s,10$), dû aux inerties mécaniques et électriques des divers appareils, entre le moment de la fermeture du contact de la pendule et celui du jaillissement de l'étincelle de T. S. F. et on en tient compte au moment de la remise à l'heure. Cette remise à l'heure peut, grâce à des dispositifs appropriés, se faire à quelques centièmes de seconde près (Driencourt, Confér., p. 227).

Mais encore faut-il que l'Observatoire de Paris possède l'heure exacte au moment de l'émission des signaux. Par temps couvert prolongé, la chose, nous l'avons dit, peut prêter à caution. Nous verrons plus loin comment la T. S. F. permet une collaboration de nombreux Observatoires susceptible de résoudre le problème.

Il s'agit maintenant de *recevoir* les signaux horaires. Inutile, pensons-nous, de décrire ici un poste simple et

la façon de l'établir. On trouve de ces petits postes installés partout et chacun de nos lecteurs a certainement fait l'expérience de la réception au téléphone de quelques signaux radiotélégraphiques (1).

S'il s'agit de signaux horaires ordinaires, l'observateur les écoutera en ayant sous les yeux la pendule ou la montre à comparer à l'heure de Greenwich.

Précision des signaux. — Quant aux **points** de FL, il est aisé pour une personne peu exercée d'apprécier à moins d'une demi-seconde la différence entre l'heure marquée par la pendule et celle signifiée par le signal horaire entendu dans le téléphone. L'erreur pour un observateur exercé et quelque peu doué dépasse rarement 0s2.

Pour obtenir, au moyen d'un seul signal, une précision atteignant 0s1, il est en général nécessaire d'avoir recours à l'enregistrement simultané, soit au chronographe, soit mieux sur une même bande photographique, des signaux radiotélégraphiques et des battements de la pendule à comparer (Ferrié, APPLICATION, p. 4, Schorr, BERICHT, p. 3).

Des quatre stations radiotélégraphiques qui envoient actuellement des signaux horaires, une seule fait des **traits**, celle de Norddeich (Allemagne) ; les autres (Washington et Halifax au Canada) font des **points**, comme FL. Les points sont plus commodes que les traits pour les comparaisons précises ; ils s'harmonisent mieux avec les battements des garde-temps et il est plus facile de les *situer* entre deux battements que le commencement et surtout la fin d'un trait. Par contre, les points ont l'inconvénient grave de se confondre facilement avec les décharges atmosphériques ou *parasites*

(1) Voir la brochure du BUREAU DES LONGITUDES : *Réception des signaux radiotélégraphiques transmis par la Tour Eiffel*, Paris, 1912, Gauthier-Villars.

et d'être couverts par des émissions étrangères, surtout quand ils sont isolés comme les signaux de FL. Les traits, au contraire, ceux principalement en émission musicale, percent bien au milieu des troubles.

Il n'y a pas à considérer que la **forme des signaux**, leur **composition** influe aussi sur la précision de la réception. Cette composition varie avec les postes. Washington envoie des points, de seconde en seconde, par séries de 29 et de 25, commençant, les premières à la minute ronde et les autres à la demi-minute. Un point isolé forme le signal de midi (17 h. de Greenwich). Halifax envoie aussi des séries de points, respectivement de 58 et de 48, et deux points isolés à la minute 59 et à l'heure ronde.

Nous connaissons ceux de FL.

Norddeich envoie six groupes de 5 traits, d'environ une demi-seconde, et se succédant de seconde en seconde. Le dernier signal de chaque groupe commence à une seconde qui est un multiple de 5 et le dernier à l'heure ronde.

Le système de FL. est un peu long (5 minutes pour trois signaux) ; mais il est le plus simple et, n'était l'inconvénient grave des points isolés signalé plus haut, serait certainement le plus à recommander.

Les signaux de Washington et de Halifax sont plus compliqués, sans supériorité bien apparente. Des observateurs peu expérimentés doivent avoir grand'peine à se retrouver dans ces longues séries de points.

Quant au système de Norddeich, il présente beaucoup plus de repères que tous les autres, les groupes ne comprenant que 5 signaux. (Driencourt, Confér., pp. 68, 228-230).

M. Schorr, Directeur de l'Observatoire de Hambourg (Bergedorf), a organisé un long travail de comparaison des signaux horaires de Norddeich et de la tour Eiffel. Une note résumant les conclusions de ce travail fut

distribuée aux membres de la Conférence. (Voir p. 443, note). Les signaux de Norddeich ont été reçus depuis le début de l'installation du poste-récepteur (5 août 1911) à midi régulièrement, à minuit seulement par occasion. L'opérateur, au moyen d'un manipulateur morse, reportait les signaux perçus au téléphone, sur le chronographe où, toutes les six heures (0^h, 6^h, 12^h, 18^h, heure centrale européenne), chacune des quatre horloges principales de l'Observatoire, dont trois hermétiques, marque, automatiquement, son point de comparaison. Le résultat de ces observations est celui-ci :

Erreur moy. affectant l'heure déd. de la récept. d'un sign. unique $= \pm 0^s,075$
Erreur moy. » » » d'une réception complète $= \pm 0^s,015$

Une réception complète relève 24 signaux. A vrai dire, Norddeich à midi (et à minuit) envoie 6 séries de 5 signaux, mais on fut amené à négliger le premier de chaque série qui était en général mal pris. — Les signaux de Norddeich (traits, émission chantante, 200 km.) ne sont jamais brouillés ni par les parasites ni par les interférences des autres postes.

Le grand nombre de signaux reçus est certainement un avantage pour la réception au chronographe. Mais leur succession trop rapide induit l'observateur à rythmer sa réception de telle sorte que les divers signaux d'un même groupe ne peuvent pas être considérés comme indépendants.

Les signaux de la tour Eiffel furent reçus régulièrement à Bergedorf depuis le 17 février 1912. Le résultat de 74 signaux enregistrés en 27 jours, est le suivant :

Erreur moy. affectant l'heure déd. de la récept. d'un sign. unique $= \pm 0^s,075$.
Erreur moy. » » » d'une récept. compl. (3 sign.) $= \pm 0^s,043$.

Ainsi donc, nonobstant la difficulté de réception plus grande (à Bergedorf) pour les signaux de Paris (points, émission tambourinante, 700 km.), la précision obtenue

par un signal unique est égale à celle d'un signal de Norddeich. On considère à Bergedorf l'émission de **signaux isolés** comme peu favorable à la précision de la réception. A moins d'une grande habitude, l'observateur est surpris par le signal et l'inscrit trop tard. Il faudrait pour le prévenir efficacement un avertissement plus précis que les signaux avant-tops exécutés à la main. (Schorr, Bericht). — M. Driencourt-*Paris* aboutissait de son côté à une conclusion équivalente (Confér. p. 229).

Il était vivement à désirer que les membres de la Conférence s'entendissent pour adopter un système uniforme à la fois, clair, sûr et donnant la précision voulue.

Diverses applications des signaux horaires ordinaires. — Voyons, du reste, quels étaient à l'égard de ces signaux ordinaires, les desiderata des différents services intéressés.

Parmi les services publics, celui des **chemins de fer** est évidemment celui qui réclame le plus de précision. Or l'Administration belge estime suffisante une approximation de 30 secondes. Les chemins de fer français, plus exigeants, voudraient voir garantir le tiers de minute. Aux États-Unis on y regarde de plus près, mais on se contenterait d'une précision de 5 secondes.

Aussi la Conférence a-t-elle pu conclure que :

9. « Pour les besoins des chemins de fer et des services publics, les signaux horaires ordinaires actuels doivent être considérés comme assez précis ». (Confér. pp. 78, 249, 42).

Pour la **Météorologie** et le **Magnétisme terrestre**, les instruments enregistreurs ne développent au plus que 15^{mm} par heure ; l'appréciation du temps sur les courbes ne comporte donc pas une approximation supé-

rieure à la minute. — Pour la **Sismologie**, où le développement peut atteindre jusqu'à 30^{mm} par minute, l'approximation requise est la seconde. En fait, dans les stations météorologiques etc. françaises, la détermination de l'état absolu des pendules au moyen des signaux horaires ordinaires, en admettant l'exactitude absolue de ceux-ci, s'effectue actuellement, même par un personnel peu exercé, à moins d'une demi-seconde, exactitude plus que suffisante. A la conclusion qui découle de cette constatation, M. Angot-*Paris* ajoute un vœu adopté par la Conférence dans les termes suivants :

10. « Pour la Météorologie, le Magnétisme terrestre et la Sismographie, l'approximation de la demi-seconde est actuellement suffisante. Si des modifications devaient, dans l'avenir, être apportées au régime actuel, il est désirable que l'approximation de la demi-seconde et même du quart de seconde soit assurée, et que le système des signaux horaires soit assez simple pour que ces signaux puissent être reçus par des observateurs même peu expérimentés ». (Confér. pp. 79, 255, 42).

M. Violle-*Paris*, dans une note distribuée aux délégués, attira spécialement l'attention sur les orages, à l'étude desquels les signaux horaires sont particulièrement utiles. Après avoir rappelé les travaux de Lodge et le dispositif enregistreur de Popoff (1895), M. Violle mentionne les appareils avertisseurs de Turpain (1902), le microampèremètre du même savant, appareil enregistrant sur un même cylindre les manifestations orageuses et les signaux horaires, enfin un appareil du même genre, installé à l'Observatoire de Lyon, par M. Flajolet. (Confér. pp. 92, 269-270).

La météorologie et la radiotélégraphie ont entre elles bien d'autres points de contact que la question des signaux horaires. A vrai dire, leur étude ne rentrait pas dans le programme de la Conférence de

l'Heure. En outre, il faut bien reconnaître que la majorité des membres de la présente Conférence n'avaient pas pour traiter ces questions une compétence suffisante. Néanmoins, étant donnée la coutume prise depuis le milieu de 1911 de joindre un bulletin météorologique aux signaux horaires, coutume ratifiée et élevée à la hauteur d'une règle par la Conférence Radiotélégraphique de Londres (Art. XLV. 3, texte ci-après, p. 477), il parut naturel de mentionner du moins les problèmes qui se posaient et la nécessité d'une collaboration scientifique entre Météorologistes et Directeurs de stations radiotélégraphiques.

M. Goldschmidt-*Bruxelles* ouvrit la discussion par une déclaration accueillie par des applaudissements unanimes : Au début de 1913, entrerait en action à Bruxelles (Laeken) un poste radiotélégraphique très puissant destiné à relier la Belgique au Congo. Pour l'instant ce poste était une propriété privée. En attendant que la Belgique le reprît, il pourrait servir à toutes les expériences scientifiques qu'on voudrait bien lui confier. Cette déclaration était faite d'accord avec le Ministre des Chemins de Fer, Postes et Télégraphes de Belgique. — Un peu plus tard, on apprit que le propriétaire de la station radiotélégraphique de Bruxelles était M. Goldschmidt lui-même et qu'il mettait une somme de vingt-cinq mille francs à la disposition d'un comité d'études à créer. De nouveaux et très chaleureux applaudissements saluèrent cet encourageant préliminaire.

M. Angot-*Paris* aborda alors la question en résumant son Rapport sur les Applications de la Radiotélégraphie à la Météorologie (Confér. pp. 257-260). Ces applications, disait-il, se rangent sous deux catégories différentes :

1° Expédition, par une station centrale, d'avis de prévision du temps ou d'observations qui permettent à

des stations secondaires ou à des observateurs isolés, d'établir une prévision locale ;

2° Envoi, à une station centrale, des observations recueillies par des postes qui ne peuvent employer la transmission télégraphique ordinaire, un navire en mer, par exemple.

La première application est en vigueur en France depuis le milieu de l'année 1911. Quotidiennement, après les signaux horaires de 10 h. 45 m., la Tour Eiffel transmet un bulletin météorologique dont la constitution est suffisamment connue de tous. — En dehors de cette dépêche, destinée plus spécialement à la Navigation, la Tour Eiffel envoie, trois fois par jour, une autre dépêche dont les renseignements sont spécialement utilisés par l'aérostation et l'aviation. — Le vœu de voir un plus grand développement donné à ce service vient d'être réalisé en France, grâce au zèle de M. Angot lui-même, secondé en cela par le dévouement obligeant de M. le Ct Ferrié. Depuis le 1r septembre 1913, la dépêche du matin est complétée notamment par les observations faites à 7 h., en général (pression, vent, ciel, mer), pour quatorze nouvelles stations de la moitié occidentale de l'Europe. (On reçoit donc en tout les chiffres de vingt stations.) Suivent des prévisions générales pour la France. — En outre, une dépêche est envoyée le soir, à 17 heures, comprenant les observations faites à 14 heures, dans huit stations ; des prévisions de variations barométriques et du vent et, autant que possible, le temps probable des jours suivants.

Dans le deuxième ordre d'idées signalé ci-dessus, peu de chose a été réalisé jusqu'ici. L'application la plus intéressante serait certainement la réception régulière d'observations faites en mer à bord des navires, de ceux bien entendu qui, situés à une assez grande distance des côtes, peuvent donner des indications utiles. A la suite de différents congrès météorologiques,

l'Allemagne et l'Angleterre ont institué des essais. Les résultats en ont été médiocres à cause de la faible portée des appareils d'émission existant à bord des navires. La conclusion a été que les dépenses étaient hors de proportion avec le service rendu. Fallait-il considérer cette conclusion comme définitive ? Vu l'importance du problème, ne conviendrait-il pas de l'étudier à nouveau dans une commission spéciale ?

Ces considérations amenèrent les météorologistes présents à la Conférence à se mettre d'accord sur la résolution ci-après qui fut adoptée par la Conférence (Confér., pp. 80, 37) :

II. « Les questions relatives aux rapports de la Météorologie avec la Radiotélégraphie sont de trois sortes :

» 1° Transmission par une ou plusieurs stations radiotélégraphiques de renseignements météorologiques destinés à des stations éloignées, sur terre ou sur mer ;

» 2° Réception par une ou plusieurs stations radiotélégraphiques et transmission aux services météorologiques centraux d'observations provenant de stations éloignées, sur terre ou sur mer ;

» 3° Etude des phénomènes météorologiques qui peuvent influer sur les transmissions radiotélégraphiques.

» Ces questions sont trop complexes pour être discutées immédiatement. Il est donc désirable que l'étude en soit confiée d'abord à une Commission composée notamment de Météorologistes et de Directeurs de stations radiotélégraphiques. Cette Commission présenterait son rapport à la prochaine réunion du Comité Météorologique International.

» En attendant, on recommande :

» 1° Que le nombre des stations météorologiques dont les observations sont données dans la dépêche de la Tour Eiffel, soit augmenté dans la mesure du possible ;

» 2° Que le poste radiotélégraphique en construction à Bruxelles apporte une large collaboration à l'étude des perturbations radiotélégraphiques produites par les agents atmosphériques. » (CONFÉR., p. 44).

Étude scientifique des ondes hertziennes dans leurs rapports avec les milieux ambiants. — L'offre généreuse de M. Goldschmidt, rappelée à l'instant par M. Angot, demandait à être traduite en un vœu dont la Conférence soulignerait de toute son autorité l'importance scientifique. D'accord avec M. Schmidt-*Halle*, M. Steels-*Gand* prit l'initiative de présenter ce vœu et signala les multiples problèmes très ardus au sujet desquels les données quantitatives sont jusqu'ici très rares, à savoir : 1° la portée de jour et de nuit pour une même puissance émise, en fonction de la hauteur d'une antenne donnée, de la longueur d'onde, de l'état actinométrique de l'atmosphère, etc. ; 2° l'influence des prises de terre faites à des profondeurs plus ou moins grandes ; 3° l'influence de l'état électrique de l'atmosphère.

Ces questions sont complexes. Le concours de toutes les bonnes volontés ne sera pas de trop pour les mener à bonne fin. Certes les nécessités des services publics doivent être respectées mais, d'autre part, il est à souhaiter que les intérêts supérieurs de la science ne soient pas méconnus. Les progrès dont la télégraphie sans fil commerciale est redevable aux recherches désintéressées des savants de laboratoire autorisent à demander qu'on n'apporte pas trop d'entraves à leurs études par une application trop absolue des règles préconisées par la Conférence de Londres, qui était avant tout une réunion d'exploitants.

M. Frouin-*Paris* déclare que, si la conférence pouvait établir un programme des constatations à faire, dire aux stations T. S. F. ce qu'il est intéressant d'ob-

server, les administrations agiraient en conséquence. Si ces constatations n'étaient pas d'ordre trop délicat, les agents pourraient collaborer aux recherches préconisées. Mais il faudrait également, dans cet ordre d'idées, tenir compte des besoins des administrations publiques.

M. Boutquin-*Bruxelles* appuya l'opinion de M. Frouin. Il lut un extrait d'un travail qu'il a publié dans Ciel et Terre, sur le rôle de la T. S. F. dans l'étude de la Physique du Globe. Le but de cette lecture, dit-il, est de montrer que le personnel des stations de T. S. F. ne manque pas d'éléments capables de jouer un rôle actif dans les recherches dont il est question.

M. Hellmann-*Berlin* observa qu'il serait en effet très intéressant de rassembler les constatations faites dans les postes de T. S. F. d'après un programme bien établi. Mais on ne pourrait pas en tirer de conclusions. Il faudrait faire des mesures, des expériences quantitatives, étendant, grâce à la collaboration du poste de Bruxelles, celles des postes du Prof. Schon (Ecosse), de Potsdam, de Budapest, etc.

La Conférence décida que la Commission Internationale provisoire s'efforcerait d'arriver à la réalisation du vœu contenu dans la déclaration suivante (Confér., pp. 80, 81, 88-90, 38) :

12. « La Conférence prend acte de la constitution d'un Comité provisoire ayant pour but l'organisation de l'étude scientifique des ondes hertziennes dans leurs rapports avec les milieux ambiants.

» Elle adresse des félicitations à M. Goldschmidt qui veut bien mettre sa station de télégraphie sans fil de grande puissance à Bruxelles, à la disposition de ce Comité en même temps qu'une somme de vingt-cinq mille francs pour subvenir aux frais des premières études.

» La Conférence émet le vœu de voir les pouvoirs

publics protéger ce genre de recherches dont les résultats promettent d'être d'une importance capitale non seulement aux points de vue de la théorie pure et de la Météorologie, mais aussi à celui du développement de la T. S. F.

» Elle estime désirable que la station de T. S. F. de Bruxelles, bien que créée pour le service public, puisse néanmoins contribuer dans l'avenir à ces recherches scientifiques internationales » (Conf., p. 45).

Pour la **Navigation**, la connaissance de l'heure avec une approximation d'une demi-seconde ou, à la rigueur, d'un quart de seconde, suffit parfaitement (Confér., p. 79). La conclusion a donc été identique à celle des autres services :

13. « On doit considérer les signaux horaires ordinaires actuels comme assez précis pour les besoins présents de la Navigation » (Confér., p. 42).

Nous aurons toutefois à revenir sur ce point (Voir p. 474).

Les services rendus au navigateur par ces signaux horaires sont extrêmement précieux pour sa sécurité. La connaissance exacte de l'heure dont il a besoin ne peut être obtenue que par l'étude suivie des chronomètres de bord, avant le départ pour avoir leurs corrections et leurs marches, mais aussi pendant la traversée, afin d'éliminer autant que possible les anomalies de marche. Or, beaucoup de marins se contentent d'utiliser sans corrections et sans discussion la moyenne des indications de leurs instruments; souvent ils n'en possèdent qu'un seul. Il y a peu d'années, cette situation était précaire. Aujourd'hui, aussi longtemps qu'ils se trouvent dans le cercle de portée d'une station radiotélégraphique qui envoie des signaux horaires, ils n'ont plus à craindre l'accumulation des erreurs de leurs garde-temps et l'étude des marches de ces instruments est considérablement simplifiée.

Enfin s'ils oublient ou sont empêchés de les remonter, ils peuvent, quelques heures après leur remise en marche, en avoir de nouveau les corrections sur le temps du premier méridien (Confér., Driencourt, pp. 218, 222 ; Favé, p. 116). Avantage énorme que beaucoup d'armements semblent trop peu soucieux de procurer à leurs équipages par l'installation à bord d'un poste récepteur T. S. F. La Conférence a voulu, pour sa part, remédier à cette situation.

14. « Il est à désirer que tous les navires, à voiles et à vapeur, soient prochainement pourvus d'appareils pour la réception des signaux horaires radiotélégraphiques » (Confér., pp. 99, 44).

A cette occasion, les délégués des États-Unis et d'Angleterre se sont mis d'accord en vue d'arriver à l'organisation d'un service radiotélégraphique de renseignements relatifs aux icebergs, épaves et autres **dangers de la navigation**, et cette démarche fut hautement approuvée par la Conférence (Confér., pp. 91, 92, 99, 38).

15. « La Conférence prend acte des communications échangées entre les délégués des États-Unis d'Amérique et de la Grande-Bretagne au sujet des renseignements à transmettre par voie radiotélégraphique sur les icebergs et autres dangers de la navigation. Elle apprécie hautement l'accord intervenu entre ces délégués à ce propos, dans l'intérêt de la navigation mondiale » (Confér., p. 44).

Nouveau schéma des signaux horaires ordinaires. — Nous avons vu plus haut (p. 473) que la précision des signaux horaires actuels était satisfaisante pour la navigation. Il n'en était pas de même de leur forme ni de leur composition.

En effet, les officiers de la marine de guerre française, consultés après quelques mois de fonctionnement

de la station de signaux horaires de la Tour Eiffel, avaient été unanimes à demander le remplacement des points isolés, trop souvent manqués par suite de brouillages, par quelques longs traits de 1 ou 2 secondes de durée dont la fin de chacun serait prise pour signal (CONFÉR., p. 230).

De son côté la marine allemande n'était pas entièrement satisfaite des signaux horaires de Norddeich. Leur composition prêtait à la critique : leur grand nombre n'offrait aucun avantage, tout au contraire, leur succession rapide était pour le marin une cause de trouble et d'erreur (Schorr, BERICHT, p. 2).

On fut ainsi amené à combiner les systèmes allemand et français, et voici le schéma auquel on s'est arrêté :

16. « Les signaux horaires ordinaires seront uniformément produits conformément au schéma suivant :

57^m	0 — 50^s	*x x x x*	59^m	6 — 7^s	trait
				8 — 9	»
	55 — 56	trait		10	point
	57 — 58	»			
	59 — 60	»		16 — 17	trait
				18 — 19	»
				20	point
58^m	8 — 9^s	trait			
	10	point		26 — 27	trait
				28 — 29	»
	18 — 19	trait		30	point
	20	point			
				36 — 37	trait
	28 — 29	trait		38 — 39	»
	30	point		40	point
	38 — 39	trait		46 — 47	trait
	40	point		48 — 49	»
				50	point
	48 — 49	trait			
	50	point		55 — 56	trait
				57 — 58	»
	55 — 56	trait		59 — 60	»
	57 — 58	»			
	59 — 60	»			

durée d'un intervalle 1^s,
» » point $1/4^s$,
» » trait 1^s » (CONFÉR., p. 41).

Ce schéma, on le voit, combine les points, les traits, et même, jusqu'à un certain point, les signaux rythmés. — Il est entendu que le *signal de précision* correspond aux finales des *deux* dernières minutes. Il est repéré par la *fin* d'un triple trait. — Les traits ont une longueur de 1ˢ environ. On n'a pas cru pouvoir dépasser cette durée, d'abord pour éviter de surmener les installations dont la puissance est établie pour des émissions brèves, ensuite pour éviter l'inconvénient signalé par des observateurs que les traits trop longs, perçus à grande distance, perdent toute netteté à la fin de l'émission (Confér., pp. 107-108).

A ce dernier point de vue, on peut se demander si 1 seconde entière n'est pas déjà une durée considérable et si, d'une façon générale, la fin d'un trait est un repère aussi net et aussi défini pour l'oreille que son commencement. Les enregistrements à grande vitesse que nous avons pris des signaux radiotélégraphiques, tendraient à nous en faire douter. On nous objectera que le manque de définition de la fin des signaux enregistrés tient à ce que le mouvement des organes mobiles des galvanomètres, même à indications ultrarapides, est freiné dans leur retour au zéro. Sans doute, mais d'autre part, est-on bien fixé sur la durée de la persistance des impressions auditives ? Elle vaut certainement plus de 1/16 de seconde, puisque 16 vibrations donnent un son *continu*. Combien vaut-elle ?... — Il ne faudrait pourtant rien exagérer ; la précision exigée des signaux horaires ordinaires n'est en effet, au maximum, que de 0ˢ.25 (Navigation, voir p. 473).

Nous ne pouvons passer au point suivant sans noter qu'il n'est pas certain que les États-Unis, en raison des habitudes prises, consentiront à abandonner leur système de signaux horaires pour adopter le schéma proposé par la Conférence (Hough-*États-Unis*, Confér., p. 110).

La délicate question du choix de la **longueur d'onde** à adopter pour les signaux horaires a fait l'objet d'un examen attentif.

La Conférence radiotélégraphique de Londres (juin 1912) n'avait pas inscrit de dispositions spéciales à cet égard dans sa Convention Internationale. Laissant ce soin à la Conférence de l'Heure qui devait se réunir quelques mois plus tard, elle s'était contentée de dire dans l'article XLV. 3 du Règlement de service : « Les signaux horaires et les télégrammes météorologiques sont transmis à la suite les uns des autres, de manière que la durée totale de leur transmission n'excède pas dix minutes. En principe, pendant cet envoi, toutes les stations radiotélégraphiques dont la transmission peut troubler la réception de ces signaux et télégrammes [longueurs d'onde égales ou à peu près], font silence de façon à permettre à toutes les stations qui le désirent de recevoir ces télégrammes et signaux. Exception est faite pour les cas de détresse et les télégrammes d'État. » D'autre part, pour le service de la correspondance publique générale, le même Règlement admet deux longueurs d'onde, 600^{m} et 300^{m} (Art. II) et, exceptionnellement, 1800^{m} (Art. XXV. 2).

Or il faut considérer que les centres horaires sont des stations puissantes. Dès lors, on peut adopter pour leurs signaux une longueur d'onde notablement supérieure à 1800^{m}. La Sous-commission chargée d'examiner cette question fixa son choix sur une valeur voisine de 2500^{m}. Mais, en Commission, M. Kohlschütter-*Berlin* déclara qu'il préférait 2000^{m} afin de ne pas réduire la portée de Norddeich. La majorité ne put se rallier à ce désir, non plus qu'à la proposition transactionnelle de prendre la moyenne de 2250^{m} environ. M. Corteil-*Bruxelles* fit observer en effet qu'eu égard aux approximations avec lesquelles les longueurs d'onde sont déterminées dans la pratique,

les ondes de 1800^{m} et de 2250^{m} seraient trop voisines. Finalement la Délégation allemande, dans un désir de conciliation, se rallia à l'onde de 2500^{m}, mais elle demanda qu'il fût acté au procès-verbal qu'elle avait proposé 2000^{m}. Le texte suivant fut alors adopté :

17. « Les centres d'émissions horaires feront usage d'une longueur d'onde uniforme d'environ 2500^{m}.

» Lorsqu'ils emploieront des émissions musicales, la tonalité de celles-ci devra être choisie de manière que la réception soit soustraite autant que possible aux perturbations de toute nature. » (Confér., p. 41).

La dernière partie de cette résolution appelle une réflexion. Les émissions musicales ne sont pas de règle. En commission, on en a préconisé l'emploi en général, sans l'imposer. Le texte cité à l'instant ne fait que préciser une des conditions à réaliser, si on les emploie. (Confér., pp. 109, 77). Les émissions musicales ont des avantages, cela n'est pas douteux, mais un peu au détriment de la précision et nous aurions à présenter à ce sujet une remarque fort analogue à celle faite tout à l'heure à propos des fins de traits comme repères de précision. A l'enregistrement, le *début et la fin* des émissions chantantes manquent de définition.

Nombre des signaux horaires à recevoir par jour. — Combien de signaux horaires convient-il de pouvoir recevoir chaque jour en chaque point du globe?

Il est certain qu'il faut réduire ce nombre à ce qui est d'une vraie utilité, afin d'éviter l'opposition des services radiotélégraphiques commerciaux.

Au minimum, il est nécessaire de pouvoir recevoir, en un point quelconque, un signal de jour et aussi un signal de nuit, parce que l'expérience a montré que la portée des signaux est plus faible le jour que la nuit. Mais ce nombre ne doit pas dépasser quatre. Tout cela est consigné dans la résolution adoptée :

18. « Il est à désirer qu'en chaque point du globe, on puisse toujours recevoir un signal horaire de nuit et un signal horaire de jour, le nombre total des signaux perceptibles ne dépassant pas, en principe, 4 par 24 heures. »

Aussi bien donc pour le choix de la longueur d'onde que pour celui du nombre des émissions par 24 heures, la conférence s'est montrée très respectueuse des nécessités des services radiographiques publics. On peut espérer que ceux-ci en retour trouveront équitable d'entourer la réception des signaux horaires de toutes les garanties souhaitables. (Confér., pp. 70, 106, 40).

Répartition des centres horaires sur la surface du Globe. — Il y avait lieu de se préoccuper encore de la distribution des centres d'émissions horaires de telle sorte que l'heure unifiée devînt réellement universelle. D'un échange de vues entre les divers délégués, il résultait qu'au moment ou siégeait la conférence, il n'y avait que trois postes — Paris, Norddeich et Washington — qui pussent coopérer scientifiquement au Service International de l'Heure. Dans un but de simplification et en accord avec une résolution précédente (n. 18), Rome renonçait à intervenir dans l'envoi des signaux horaires. Par contre, deux stations des colonies italiennes seraient chargées d'un service horaire. Pour la même raison, l'Angleterre cédait le pas à Paris et à Norddeich. D'autre part, les États-Unis et le Brésil se déclaraient disposés à fournir une large collaboration à la diffusion de l'heure universelle.

Au total, la question ne parut pas mûre pour une solution complète. (Confér., pp. 104, 106, 109, 85, 31, 23, 40).

19. « L'étude de la répartition définitive des centres d'émissions horaires sera confiée à la Commission Internationale de l'Heure.

» La liste ci-après indique les stations qui seront vraisemblablement en état, au 1er juillet 1913, de jouer le rôle de centre d'émissions horaires et les heures auxquelles devront être faites ces émissions :

	Heures de Greenwich
Paris	0 h. minuit
San Fernando (Brésil)	2 h.
Arlington (États-Unis)	3 h.
Mogadiscio (Somali italienne)	4 h.
Manille	4 h. à titre d'essai
Tombouctou	6 h.
Paris	10 h.
Norddeich-Wilhelmshaven	12 h. midi
San Fernando (Brésil)	16 h.
Arlington (États-Unis)	17 h.
Massaouah (Érythrée)	18 h.
San Francisco	20 h.
Norddeich-Wilhelmshaven	22 h.

» Toute station horaire autre que les précédentes, qui viendrait à être créée, ne pourra faire, en principe, ses émissions qu'à des heures (de Greenwich) rondes, différentes des heures ci-dessus. Exceptionnellement, deux centres horaires pourront faire leurs émissions à la même heure sous la réserve expresse que leurs zones d'action ne se recouvrent pas. » (Confér., p. 40).

N. B. Wilhemshaven est l'Observatoire conjugué à Norddeich. — La liste demande à être complétée par l'adjonction du poste de Tsingtau (Kiautschou) admis à la collaboration depuis la réunion de la Conférence. Ses heures d'émission seront 0^h et 12^h. (Kohlschütter, Zeitkonferenz, p. 7, note 1).

Distribution ultérieure de l'Heure par les Administrations. — Voilà donc comment l'heure exacte

pourra être diffusée à la surface de la terre et des mers. L'Administration des Postes et Télégraphes de France s'est préoccupée de savoir comment elle pourrait atteindre les bureaux publics, les usines et même les particuliers. En effet, dans les petites localités, dans les villes éloignées de stations de chemins de fer, de bureaux de postes et de télégraphes, il est à peu près actuellement impossible pour le public de régler ses horloges avec quelque précision. Il n'est pas rare de trouver, dans une même ville, des différences d'heure considérables, et... les gens trouvent les guichets des bureaux fermés et manquent leurs trains. — En présence de cet état de choses, l'Administration des P. T. T. n'est pas éloignée de penser qu'il serait possible d'installer dans ses bureaux — aux frais des municipalités — des postes récepteurs horaires et des horloges de précision dont le cadran serait visible de l'extérieur.

On peut, en outre, souhaiter que les particuliers puissent recevoir l'heure exacte à leur domicile ; une solution satisfaisante de ce problème présente une très grande importance pour certaines industries. Pour répondre à ce besoin, on peut entrevoir diverses combinaisons : Les unes utilisant les émissions radiotélégraphiques, si la législation du pays le permet ou peut être modifiée de manière à le permettre [et sans doute pensera-t-on en général que ce serait le procédé le plus simple, le plus direct et le moins coûteux] ; les autres employant des transmissions télégraphiques par fils et, dans ce but, les lignes d'abonnement et même les lignes interurbaines téléphoniques pourraient probablement servir.

De ces considérations, M. Frouin déduisait un triple vœu que la Conférence a adopté :

20. « Les Administrations télégraphiques devront s'efforcer de constituer des centres horaires où l'heure sera reçue et conservée par les moyens les plus précis.

» Les Administrations télégraphiques devront étudier et employer les moyens que la technique suggérera en vue de transmettre l'heure aux particuliers, soit par des signaux généraux à heure fixe, soit par des signaux particuliers envoyés à la demande des intéressés.

» En vue de favoriser le développement de ces procédés, les Administrations télégraphiques devront se communiquer les moyens employés par chacune d'elles ». (Confér., pp. 237-249, 34, 42).

A cette occasion, M. Schrader-*Berlin* signala qu'en Allemagne un service téléphonique spécial est organisé à Hambourg et dans les villes directement reliées à Hambourg, à l'effet de transmettre l'heure exacte aux particuliers. L'Observatoire de Hambourg distribue des signaux automatiques, reçus au téléphone par les abonnés comme des signaux ordinaires. Ce signal consiste en un son de sirène qui se fait entendre de la 55e à la 60e seconde de chaque minute et est suivi de l'indication de la minute. (Confér., p. 25).

Collaboration générale à la détermination de l'Heure Universelle au moyen des signaux scientifiques. — Nous en arrivons à considérer les travaux de la Conférence relativement aux signaux horaires scientifiques de haute précision. Ces signaux jouent un rôle essentiel, fondamental, dans l'organisation que nous sommes en train d'étudier : ils permettent de faire concourir un grand nombre d'Observatoires, même fort éloignés, tous ceux compris dans la zone d'action de FL, à la détermination de la correction de la pendule directrice de Paris. Parmi ce grand nombre, dont plusieurs se trouvent sous un ciel plus favorisé que le Centre Horaire Universel, il s'en rencontrera d'ordinaire qui, le même jour, auront pu corriger leurs garde-temps d'après des observations astronomiques.

Or, grâce à des signaux brefs rythmés et en utilisant la *méthode des coïncidences*, il est possible de comparer la pendule directrice de Paris avec les garde-temps corrigés de tous les Observatoires atteints par ces signaux et, par suite, d'utiliser, équivalemment, toutes leurs observations astronomiques pour la remise à l'heure précise de la pendule envoyeur de signaux.

Nous avons donné quelques détails sur ces signaux rythmés, leur enregistrement et leur utilisation, dans une notice publiée ici même (janvier 1912). Nous nous permettons d'y renvoyer le lecteur.

Rappelons seulement que ces signaux rythmés, battements ou points très brefs, constitués par une seule étincelle, sont espacés entre eux de ($1\text{-}1/50^s$) environ et envoyés, automatiquement par une pendule spéciale, en une série de 180, dont on supprime le 60e et le 120e point afin d'établir des repères de comptage. Cette série de battements T. S. F., est suivie au téléphone en même temps que les battements du garde-temps à comparer. On note ceux de ces battements qui tombent *en coïncidence* et ainsi la série de signaux rythmés joue, dans la comparaison des horloges, un rôle analogue à celui du vernier dans la mesure d'une longueur. Aussi peut-on l'appeler *vernier-horaire, vernier-acoustique*. Dans les conditions indiquées, la précision de cette comparaison est d'environ $1/50^s$ et même $0^s,01$ avec des observateurs exercés.

Depuis fin 1911, ces signaux rythmés sont envoyés par FL avant les signaux ordinaires de nuit et reçus simultanément par l'Observatoire de Paris, tous les autres Observatoires français et aussi ceux de Greenwich et d'Uccle. Le lendemain, le plus tôt possible, ces observatoires télégraphient par fil au Service Horaire central les heures qu'ils ont calculées, d'après leurs observations et leurs pendules, pour le premier, et aussi, comme contrôle, le 180e battement, avec la men-

tion « observé » pour tels observatoires qui ont pu déterminer par des observations astronomiques l'état de leur garde-temps. Ainsi Paris bénéficie de toutes ces comparaisons simultanées pour déterminer l'état de sa pendule directrice et, par l'affiliation de tous les observatoires de la zone d'action de FL à cette organisation, l'erreur de l'heure envoyée, déjà inférieure à $0^s,25$, sera abaissée à $0^s,1$. (Confér., Lallemand, p. 265 ; Ferrié, pp. 192, 193, 200-203 ; Ferrié, T. S. F., pp. 4-5). Tous ces observatoires n'auront pas à correspondre directement avec Paris. Des centres nationaux leur serviront d'intermédiaires.

Tel est le mode de collaboration générale, proposé par M. Ch. Lallemand, Directeur du Service du Nivellement général de la France (Confér., pp. 261-268) et auquel, dans un texte que l'on pourrait souhaiter plus précis, se rapporte le vœu de la Conférence :

22. « Pour les signaux ordinaires, les résultats des déterminations de l'heure seront transmis à ce Bureau par les centres nationaux qui centraliseront eux-mêmes les déterminations faites par les Observatoires de leur pays et qui en déduiront l'heure la plus exacte ». (Confér., p. 43).

Le même envoi de signaux rythmés ou signaux horaires scientifiques, en même temps qu'il aide Paris à corriger son heure en vue de son prochain envoi, fait connaître aux autres stations émettrices de signaux horaires l'Heure Universelle (extrapolée) qu'ils ont à transmettre eux-mêmes pendant la journée qui commence. En effet, nous avons dit que l'Observatoire de Paris reçoit ces signaux scientifiques ; en y comparant sa pendule directrice, il en déduit, au centième de seconde près, l'heure du premier et du dernier battement émis par FL, transmet télégraphiquement le résultat de son calcul à FL et ce poste, aussitôt après

les signaux ordinaires, radiotélégraphie ce résultat. Tous les observatoires conjugués aux stations émettrices connaissent ainsi la correction à apporter à leur heure dans le prochain envoi de l'heure. (CONFÉR., Lallemand, pp. 265-266. — Ferrié, T. S. F., p. 5).

Cette organisation n'est pas complète, du moins pour l'instant. En effet la portée de la Tour Eiffel est de 6000 kilomètres (Paris-Washington) avec le groupe de 40 kilowatts. Elle n'atteint pas ses antipodes. Y arrivera-t-elle avec le groupe puissant qu'on est en train de lui construire ?... Pour le moment du moins, il y a lieu de déterminer d'autres postes qui chargés, provisoirement peut-être, d'une lieutenance, enverront plus loin, au moyen de signaux scientifiques, l'heure reçue de Paris. (Kohlschütter, ZEITKONFERENZ, p. 9).

Les signaux scientifiques et l'Heure Universelle précise au $0^s,02$. — Outre ce rôle auxiliaire dans la détermination de l'Heure Universelle, les signaux horaires scientifiques tels que les battements rythmés peuvent encore en jouer un autre très important et auquel précisément fait allusion l'épithète de « scientifique » que la Conférence leur a décernée.

Remarquons d'abord que les états transmis journellement au Centre Horaire Universel par les centres nationaux de sa zone d'action, sont des états *extrapolés*. Au moyen d'observations astronomiques postérieures, ces états pourront être transformés en *états interpolés* dans chaque observatoire, puis transmis à nouveau au Centre Universel. Grâce au nombre énorme de pendules de précision étudiées avec le plus grand soin, et utilisées dans les calculs de réduction, le Centre Horaire Universel pourra en déduire, pour les premiers battements de chaque jour, des **états interpolés** d'une précision tout à fait remarquable. Ceux-ci, consignés dans l'histoire des pendules de

chaque observatoire, serviront de base à tous les travaux de ces institutions savantes. Ces communications entre observatoires et Centre Horaire Universel se feront évidemment par correspondance ordinaire et les résultats définitifs seront publiés par le Bureau International de l'Heure. (Kohlschütter, *Zeitkonferenz*, p. 9). Les résolutions suivantes formulent les considérations que nous venons d'indiquer (Confér. pp. 200, 83, 97, 35).

22. « Pour les signaux scientifiques, la mission du Bureau International de l'Heure sera de centraliser les déterminations de l'heure faites dans les observatoires associés et d'en déduire l'heure la plus exacte ». (Confér., p. 43).

Relativement aux publications du Bureau International de l'Heure, il faudrait répéter ici la résolution déjà énoncée p. 451 qu'il convient de rapprocher de l'Art. 5 du projet de statuts cité ci-dessus p. 449.

Les signaux scientifiques et l'Heure précise au $0^s,01$ près. — Ces mêmes signaux horaires scientifiques peuvent fournir des résultats d'une plus haute précision encore. Concurremment avec la méthode des coïncidences, ils offrent aux géodésiens et aux astronomes la possibilité de comparer avec une précision *au moins* égale à $0^s,01$, les garde-temps placés en deux ou plusieurs points quelconques du globe. Il suffit à cet effet que ces points soient situés dans la zone d'action d'une même station radiotélégraphique outillée pour leur donner des signaux rythmés — sans qu'elle ait besoin d'ailleurs de connaître elle-même l'heure avec une grande précision. Cette comparaison si précise des heures facilite considérablement la détermination des **différences de longitude.** Elle se fait exactement de la façon que nous avons indiquée ci-dessus au sujet de la collaboration des observatoires à la correction de

l'Heure Universelle — les battements servant ici uniquement de signaux *instantanés* utilisés pour la comparaison de deux ou de plusieurs garde-temps. Seulement pour plus de précision les battements sont espacés en général de (1—1/100) de seconde environ. En outre, quand les signaux doivent être écoutés en été, dans les pays chauds où les perturbations électriques naturelles sont très intenses, il est nécessaire de remplacer les séries de *points* radiotélégraphiques par des séries de *traits*. Ceux-ci percent mieux d'entre les parasites, surtout en émission musicale. Les coïncidences se font alors sur le commencement des traits. — Mais, nous l'avons déjà dit, au point de vue de la précision les traits ne valent pas les points, ni les étincelles chantantes ne valent les tambourinantes.

La précision sera vraisemblablement beaucoup augmentée quand on enregistrera photographiquement les signaux radiotélégraphiques et les battements de la pendule (Ferrié, T. S. F., p. 5). Sur pareils enregistrements, les étincelles tambourinantes, en général, se retrouvent très bien au milieu des parasites, tout au moins en dehors des cas de coïncidence absolue. Par suite, dans beaucoup de circonstances, on pourrait maintenir l'emploi de ces dernières. Nous croyons savoir que FL n'y renoncera jamais.

Toutes ces questions seront étudiées à fond par la Commission Internationale de l'Heure :

23. « En ce qui concerne l'exactitude désirable pour l'Astronomie et la Géodésie, les signaux radiotélégraphiques d'usage scientifique doivent atteindre le plus haut degré de précision possible ». (Confér., Ferrié, pp. 203-207 ; — pp. 75, 33, 42).

24. « La Commission Internationale de l'Heure sera chargée de régler les émissions des signaux spéciaux destinés aux besoins scientifiques et notamment de

ceux qui ont pour objet de réaliser l'unification pratique de l'heure ». (Confér., pp. 75, 79, 33, 41).

Le dernier point touché dans la Conférence a été commenté ci-dessus pp. 482-484.

Enregistrement automatique des signaux horaires.

25. « Les Observatoires et Administrations intéressées mettront à l'étude l'organisation de l'enregistrement automatique des signaux horaires ». (Confér., pp. 72, 73, 30, 31, 235-245, 270).

La question de l'enregistrement des signaux horaires a fait l'objet d'une notice déjà rappelée ci-dessus (p. 483). Nous y soulignions les avantages des enregistrements qui, au lieu d'une observation subjective et fugace, laissent un document impersonnel et permanent — qui, en outre, rendent inutile cette méthode des coïncidences, précieuse, il est vrai, dans bien des cas, mais délicate et pénible. Des signaux de période normale, un seul à la rigueur, s'intercalant entre les battements de l'horloge locale, suffisent à donner un résultat d'une précision presque illimitée. Une seule condition doit être réalisée : la régularité du déroulement du papier sensible ou, plus simplement, son contrôle par l'inscription des oscillations d'un diapason. Depuis lors, nous avons réussi, sans grande difficulté, à superposer sur le fil unique du galvanomètre à corde, le signal horaire, la demi-seconde et l'oscillation d'un diapason (100 V. D.). L'enregistreur déroule 162^{mm} par seconde — ce qui ne constitue, en aucune façon, une limite supérieure — si bien que le signal horaire peut d'emblée se situer, à vue, à $1/40^{s},01$ près. M. Abraham a fait cent fois mieux. Nous y reviendrons tout à l'heure.

Aux renseignements consignés dans notre notice nous avons à ajouter ici, d'abord, la mention d'un pro-

cédé d'enregistrement *électrochimique* des signaux horaires présenté à la Conférence par M. Perot-*Paris*. Cette méthode très intéressante en était alors tout à fait à ses débuts, mais l'auteur croyait qu'elle permettrait l'enregistrement à des distances très grandes, l'énergie nécessaire à l'action électrochimique étant empruntée non à l'antenne, mais à la pile d'un détecteur électrolytique (CONFÉR., pp. 73, 245).

Nous aurions dû rappeler également les résultats obtenus par M. Turpain *Poitiers* et que M. Violle signalait dans la note résumée ci-dessus (p. 467).

Dès mai 1910, M. Turpain a photographié des signaux horaires. Postérieurement, il a combiné un microampèremètre enregistreur, exposé à la Société française de Physique en 1910, de sensibilité telle qu'un courant de 1/4 de microampère (0,25 μ α) produit un déplacement appréciable de la plume d'inscription. Au moyen de détecteurs à cristaux groupés en batterie, il réussit à obtenir, en mai-juin 1912, des courants d'inscription voisins de 0,4 μ α qui lui donnèrent des traces de signaux horaires extrêmement nets. En outre, M. Turpain a combiné des galvanomètres très sensibles et très rapides, qui permettent non seulement d'obtenir l'enregistrement photographique, mais encore de réaliser des relais extrasensibles. Au moyen de ces relais, on arrive à enregistrer les radiotélégrammes au morse inscripteur — pourvu toutefois, vu l'inertie du morse, que ces télégrammes soient émis lentement.

Pour en revenir au sujet qui nous occupe, nous signalerons les films projetés par M. Turpain, à la séance du 20 juin 1913, de la Société française de Physique et sur lesquels, en défilant 1^{dm} de film à la seconde, on peut, à la règle et à l'œil nu, situer les battements F. L. au millimètre près, c'est-à-dire au

$0^s,01$. Avec le microscope, c'est le $0^s,0001$ qu'on pourrait atteindre (1).

Détermination des différences de longitude. — Nous avons rappelé que les comparaisons de garde-temps réalisées au moyen des signaux horaires scientifiques de haute précision faciliteraient grandement la détermination des différences de longitudes. Plusieurs mesures ont été faites par ce procédé avec un succès remarquable. Citons les différences de longitude entre Paris, d'une part, et d'autre part : Brest, Bizerte, Bruxelles, Alger, Toulouse, Nice. Un projet plus grandiose se préparait en octobre 1902.

A une des premières séances de la Conférence, M. Hough, délégué des États-Unis, communiqua une lettre du directeur de l'Observatoire de Washington où, entre autres choses, il était dit ceci : « En vue du fait que le poste de T. S. F. à Arlington (près de Washington) sera bientôt en opération et permettra probablement de communiquer directement avec le poste de la Tour Eiffel, je considère comme une question importante d'utiliser, le plus tôt possible, l'occasion d'obtenir la détermination directe des différences de longitude entre les observatoires nationaux de Washington et de Paris. Ce sera la première fois qu'une telle détermination directe, sans stations intermédiaires, sera possible, et ceci sera, scientifiquement, l'un des usages les plus importants auxquels les signaux radiotélégraphiques peuvent être appliqués. »

Des opérations préliminaires, entreprises en vue de juger des difficultés de cette détermination et d'établir

(1) Pour plus de détails voir : Turpain, Les signaux hertziens de l'Heure. Inscription directe et sans calculs au centième de seconde près, etc., dans Bulletin de la Société internationale des Électriciens, 3e série, tome III, n° 24, Paris, avril 1913, 24 pages. — Ainsi que du même, L'Inscription des signaux hertziens, dans T. S. F., Valenciennes, 1913, n° 7, pp. 1-6, et n° 8, pp. 42-48.

le programme des opérations définitives, ont déjà eu lieu en mars dernier. De nombreuses comparaisons ont pu être faites dans les deux sens. Une première valeur de la différence de longitude, approchée à quelques centièmes de seconde près, sera prochainement publiée (Ferrié, T. S. F. p. 6).

A cette occasion, des essais d'enregistrement à grande distance ont été faits. M. Abraham-*Paris* a enregistré Glace-Bay (Canada) à la Tour Eiffel et la Tour Eiffel à Washington (6000 km.). Ces inscriptions furent présentées à la Société française de Physique, dans sa séance du 6 juin 1913. Elles ont été réalisées avec un galvanomètre étudié par M. Abraham dont la compétence en pareille matière est établie depuis longtemps (Rhéographe, etc.). Le galvanomètre en question est à cadre mobile à mouvement rapide et à enregistrement photographique continu, réalisant d'aussi près que possible les conditions de sensibilité maxima tant comme galvanomètre que comme récepteur de T. S. F. Au moyen de cet appareil, M. Abraham a obtenu des enregistrements d'émissions de T. S. F., où l'on peut déceler le quarante-millième de seconde : la réception d'un train d'ondes étant définie sans ambiguité au dix millième de seconde sûr.

Mesure de la vitesse de propagation des ondes hertziennes. — Quand il s'agit de distances aussi considérables que celle de Paris à Washington, il devient indispensable de tenir compte du temps de propagation des ondes. Si la vitesse de cette propagation est égale à celle de la lumière, 300 000 km. à la seconde, la durée de transmission des signaux d'une station à l'autre est $0^s,020$, ce qui n'est pas négligeable.

Des expériences spéciales sont projetées pour tâcher de mesurer directement cette vitesse de propagation. Des signaux seront émis alternativement par groupes

de 4 au total, 2 pour chaque station de la Tour Eiffel et d'Arlington, avec un espacement aussi court que possible, 10 secondes par exemple, entre deux signaux consécutifs. Ces 4 signaux seraient *tous* enregistrés à Paris et à Washington par des galvanomètres Abraham, en même temps que les vibrations d'un diapason qui servirait d'instrument de mesure du temps. Il est probable qu'on pourrait ainsi apprécier avec exactitude le millième de seconde, ce qui permettrait d'évaluer la vitesse de propagation avec deux chiffres significatifs exacts. Peut-être pourrait-on conclure de la valeur ainsi trouvée à des considérations intéressantes sur le rôle respectif de l'air et de l'eau dans la propagation des ondes entre les deux continents, puisque les vitesses dans les divers milieux sont fonction de leur indice de réfraction (Ferrié, T. S. F., pp. 6-7 ; Confér., pp. 207-210).

A ce sujet une constatation significative a déjà été faite. D'après M. Abraham, il est acquis qu'il n'y a pas d'étalement important du train d'onde ; il n'y a pas *deux* arrivées, l'une par l'air et l'autre par l'eau ou par la corde joignant les deux stations ; car, si de tels phénomènes se produisaient, il y aurait pratiquement une arrivée *diffuse* étalée sur un millième de seconde. Or la station de Washington envoie une émission musicale à 1000 périodes par seconde, qu'on entend à Paris avec *un son musical*. (Soc. fr. de Phys., 6 juin 1913).

Au cours de la séance de clôture, la délégation italienne prit l'initiative de présenter un vœu qu'appelaient naturellement, d'une part, plusieurs résolutions de la Conférence et, d'autre part, l'imperfection des procédés de mesure actuels — nous avons mentionné ci-dessus ceux des longueurs d'onde. Ce vœu fut adopté dans les termes suivants (Confér., pp. 39, 40) :

26. « Considérant la très grande importance scienti-

fique et pratique de l'unification et standardisation des méthodes qui servent à mesurer les différentes grandeurs se rattachant à la technique **technique de la radiotélégraphie** ; considérant que les spécifications des longueurs d'onde, des portées, des différents degrés d'amortissement faites par la Conférence n'auraient aucune valeur pratique sans la détermination et la coordination des méthodes de mesure qui en permettent le contrôle ; la Conférence a émis le vœu qu'il soit fait une entente internationale, afin qu'on puisse procéder à une coordination des méthodes et des appareils de mesure des grandeurs qui se rapportent à la technique de la radiotélégraphie. » (Confér., p. 45).

Le rôle de la Conférence Internationale de l'Heure était terminé. Le Président M. Bigourdan, Président du Bureau des Longitudes, en résuma brièvement les résolutions. Il remercia les délégués du choix fait de Paris comme siège du Bureau International de l'Heure et leur souhaita de voir l'œuvre de la Conférence, leur œuvre, fructifier abondamment.

Au nom de tous les délégués, M. Foerster, président de la Délégation allemande, remercia à son tour les institutions et personnalités françaises qui avaient collaboré à cette œuvre : « C'est, dit-il, une des plus nobles traditions de la France de marcher à la tête de l'exploration scientifique de la Terre. Elle a, dans cette voie, non seulement devancé toutes les autres nations mais elle a aussi continué sans cesse cette noble initiative et collaboré toujours de la manière la plus efficace et généreuse, à tous les grands travaux communs de l'humanité ».

J. D. Lucas, S. J.
Collège N.-D. de la Paix, Namur (Belg.).

LA PERCEPTION DU MONDE EXTÉRIEUR (1)

(Suite)

SECONDE PARTIE

ÉVIDENCE MÉDIATE DE L'EXISTENCE DU MONDE EXTÉRIEUR

L'existence de réalités corporelles formellement étendues est, de l'aveu de tous, l'objet d'une de nos certitudes naturelles. L'idéaliste le plus intransigeant éprouve comme tout le monde un penchant irrésistible à s'attribuer un corps réel, occupant dans l'espace un volume déterminé, ayant des relations avec d'autres corps, etc. Beaucoup de philosophes contemporains estiment pourtant que la doctrine idéaliste s'impose logiquement, et certains éprouvent même quelque peine à comprendre qu'il puisse y avoir des esprits assez bornés pour croire encore avec le vulgaire à la réalité extrasubjective de l'étendue formelle. Kant n'a-t-il pas démontré une fois pour toutes la subjectivité de la forme d'espace, tout comme les psychophysiologistes ont établi la subjectivité des qualités secondaires formelles ?

Sans se laisser trop émouvoir par ces condamnations dédaigneuses, d'autres restent pourtant fidèles au réalisme. Ils ne rougissent nullement d'admettre encore avec le sens commun la réalité d'un monde extérieur

(1) Voir Revue des Quest. scient., 3e série, t. XXIII, livr. du 20 avril 1913, pp. 540-567.

formellement étendu. Un retour de la mode en faveur du réalisme ne leur semble même pas tout à fait improbable. Qui sait ? Le moment n'est peut-être pas si éloigné où l'idéalisme Kantien paraîtra horriblement vieux-jeu. L'histoire de la pensée philosophique habitue à ces vicissitudes ! !

Quoi qu'il en soit, les réalistes contemporains se partagent encore en deux groupes : 1° celui des *réalistes perceptionnistes*, admettant que l'existence du monde extérieur formellement étendu n'a pas besoin d'être démontrée, parce qu'elle est l'objet d'une appréhension intellectuelle immédiate ; 2° celui des *réalistes illationnistes*, soutenant que le raisonnement seul peut nous donner une certitude philosophique relativement à cette existence du monde corporel.

Me rangeant actuellement à l'opinion des *illationnistes*, je commencerai par exposer les motifs qui me semblent valables contre le perceptionnisme ; j'essayerai ensuite de justifier directement la forme de réalisme qui me paraît la plus satisfaisante.

A. *Exposé et critique du réalisme perceptionniste*

Il n'est pas très facile de préciser nettement ce qui constitue l'essence de ce système, les auteurs qui l'adoptent ne le comprenant pas tous de la même manière. Je crois cependant que tous les perceptionnistes sont d'accord pour admettre l'évidence immédiate, indépendante de tout raisonnement, du jugement affirmant l'existence de quelque chose de réel et d'étendu, extérieur à la faculté connaissante.

D'après les philosophes dont il s'agit, ce jugement ne fait qu'expliciter le contenu d'une appréhension immédiate, l'appréhension du réel étendu extérieur aux sens. L'intelligence, évidemment, n'entre pas en relation avec la réalité extérieure sans le concours des

sens, mais elle n'a pas à raisonner sur les données de la sensibilité pour connaître comme existant l'objet appréhendé par les sens, elle a l'intuition immédiate de cette existence. Dès lors, la question de la valeur objective du jugement affirmant la réalité du monde extérieur étendu ne constitue pas pour le perceptionniste un problème véritable (1). Ce jugement ne donne aucune prise à l'erreur, il explicite ce que contenait une appréhension immédiate, qui ne peut elle-même être qu'une connaissance pure et simple de l'objet tel qu'il est en lui-même.

J'emprunterai au P. Geny, quelques formules qui me semblent bien exprimer ce qu'il y a de plus essentiel dans le perceptionnisme.

« Le jugement d'extériorité est l'expression pure et simple d'une appréhension : par suite, en dehors des cas pathologiques, n'est pas sujet à l'erreur; j'appréhende un corps comme extérieur à moi, aussi directement que j'appréhende deux corps (extérieurs à moi) comme extérieurs l'un à l'autre; il n'y a pas là de raisonnement, ni par suite de conclusion » (2).

« Prouver que la perception externe est immédiate, c'est prouver non seulement la vérité mais le caractère immédiat du « jugement d'extériorité » par lequel nous affirmons que le monde existe; en d'autres termes, c'est prouver que ce jugement ne fait qu'exprimer une appréhension directe de l'extérieur, c'est prouver que les corps existent parce que nous les voyons et les touchons. Mais comment prouver qu'on voit quelque chose, qu'on en a l'évidence ? Il semble bien qu'ici nous soyons acculés à la pure et simple affirmation.

(1) Plusieurs perceptionnistes estiment cependant possible une démonstration indirecte de la réalité du monde extérieur ; mais ils ne la croient pas nécessaire.

(2) *Le problème critique et la perception extérieure.* REVUE DE PHILOSOPHIE, 1909, t. XV, p. 254.

Nous le sommes en effet, mais nous avons pour nous une conviction naturelle, irrésistible, que les objections essayent en vain d'entamer, qu'on avoue, qu'on cherche à expliquer par des hypothèses telles que celle d'une illusion transcendantale dont on ne parvient pas à dissimuler le caractère factice » (1).

Tous les perceptionnistes approuveraient, je crois, sans hésiter ces déclarations. Ils cesseraient de s'entendre, si on leur demandait de dire quelles sont les réalités étendues, extérieures aux facultés connaissantes et immédiatement atteintes par elles.

Comme j'ai eu, en effet, l'occasion de le faire remarquer, il convient de répartir les perceptionnistes en deux groupes : celui des *perceptionnistes classiques* et celui des *perceptionnistes critiques*. Je rappelle brièvement ce qui les caractérise.

Les *perceptionnistes classiques* ne dépassent pas le niveau du réalisme naïf, pur et simple. D'après eux les sens externes atteignent les objets extérieurs non pas tels qu'ils apparaissent, mais tels qu'ils sont. Il nous suffit de regarder le soleil pour savoir qu'il existe. Sans aucun raisonnement, l'intelligence appréhende l'existence du soleil lorsque nos yeux sont frappés par la lumière.

Le P. Tilmann Pesch s'est fait, dans tous ses ouvrages, le défenseur de cette opinion assez primitive. Voici comment il explique dans sa Logique la manière dont nous acquérons nos certitudes relatives au monde extérieur :

« Quand une chose est présentée à l'esprit comme objective, à cause de cette intuition même, il faut indépendamment de tout raisonnement admettre que cette chose est dans la réalité comme elle est présentée à

(1) *La nouvelle critériologie*, ÉTUDES, 1911, t. 126, p. 163.

l'esprit. Or, dans la connaissance sensible les choses extérieures sont présentées à l'esprit comme existantes en elles-mêmes. Donc les données des sens sont immédiatement relatives aux choses telles qu'elles sont en elles-mêmes. »

« Tout le monde guidé par la nature est tout à fait certain que, lorsqu'il voit, il voit directement des hommes, des chevaux, des pierres, des aliments; que lorsqu'il entend, il entend des sons; et que, lorsqu'il touche, il appréhende des solides. Un homme sain d'esprit serait certainement fort étonné si quelqu'un lui disait sérieusement que ce n'est pas le monde réel, mais seulement un monde phénoménal qui est la cause formelle objective des perceptions sensibles, d'où il peut passer, s'il le veut, par un raisonnement basé sur le principe de causalité, à l'existence du monde réel » (1).

Cela est évidemment d'une extrême simplicité.

Si l'on insiste pour savoir comment il peut bien se faire que la sensibilité appréhende les choses non pas seulement telles qu'elles apparaissent mais telles qu'elles sont, le P. Pesch a une explication qui doit, paraît-il, entraîner la conviction de tout homme raisonnable : « Toute connaissance a cela de propre qu'elle peut, pour ainsi dire, sortir d'elle-même et qu'elle a devant elle et intimement présent quelque chose d'objectif et d'existant en soi ».

Depuis longtemps on a prouvé que cette forme de perceptionnisme n'est pas défendable. Parmi ses réfutations plus récentes, je signalerai celle qu'a donnée le P. Jeannière dans sa critériologie. Elle me paraît apodictique. Les objets extérieurs ne sont pas atteints par les sens extérieurs, tels qu'ils sont, mais bien tels qu'il nous apparaissent (2).

(1) *Institutiones Logicales*, t. II, n° 609.
(2) *Criteriologia*, 1912, p. 399.

La fausseté manifeste du perceptionnisme classique, qui place toujours l'objet, immédiatement appréhendé par les sens externes, en dehors du corps du sujet, a été parfaitement comprise par quelques auteurs modernes, qui composent le groupe des *perceptionnistes critiques*.

J'ai exposé dans la première partie de ce travail les idées de M. l'abbé Duboscq sur la vision comme aussi celles des PP. Geny et de la Vaissière. Pour ces philosophes, les sens externes, dans leur fonctionnement normal, appréhendent bien quelque chose qui leur est extérieur, mais cet objet extérieur au sens n'est pas toujours extérieur au corps du sujet.

Quand je regarde le soleil, le soleil réel n'est pas, d'après le P. Geny, l'objet que je vois. L'objet réel appréhendé par le sens, est une petite tache circulaire, située au fond de mon œil. Si mon intelligence appréhende immédiatement l'existence d'un objet à l'occasion de cette sensation visuelle, cet objet, dans le cas considéré, est cette même tache colorée. Je puis *déduire* l'existence du soleil réel, je ne l'appréhende pas immédiatement.

Il convient de rapprocher de la théorie du P. Geny celle qu'a proposée récemment le Dr Ostler, qui prend place parmi les perceptionnistes critiques (1). Cette nouvelle théorie diffère assez profondément de toutes celles qui l'ont précédée, mais je n'oserais vraiment pas dire qu'elle soit en progrès sur elles. Le lecteur en jugera en prenant connaissance de quelques propositions qui me semblent résumer les points essentiels du système.

1° Le contenu de la perception visuelle est réellement objectif, et ce contenu, qui est identiquement la couleur formelle, est perçu immédiatement comme quelque chose de distinct du moi connaissant.

(1) *Die Realität der Aussenwelt*, Paderborn, 1912.

M. Ostler considère que c'est là un fait fondamental de la plus grande importance et il fait reposer toute sa théorie sur cette première constatation (1).

2° Cet objet, immédiatement perçu, n'est pas *quelque chose de coloré*, c'est une couleur pure et simple.

3° Cette couleur perçue est localisée dans l'image rétinienne et elle lui est identique ; ce que nous voyons immédiatement n'est donc pas le corps extérieur qui est cause de l'image rétinienne, mais bien cette image elle-même.

4° L'existence du corps extérieur ne peut être connue que grâce à un raisonnement.

5° Les données du toucher, loin d'être objectives comme celles de la vue sont, au contraire, exclusivement subjectives. Ce sens ne nous fait connaître immédiatement que des affections du sujet : c'est donc à proprement parler un sens interne, au sens moderne du mot.

6° La perception visuelle pure et simple ne nous permet pas de distinguer les formes spatiales ; c'est grâce à une activité spéciale de l'âme que nous ordonnons d'une manière correcte les données immédiates de la vision.

7° La théorie scolastique des espèces est inconciliable avec l'immédiation de la sensation externe. L'espèce impresse n'est pas un *medium quo*, mais un *medium*

(1) « Der Inhalt der Gesichtswahrnehmung ist als ein vom wahrnehmenden Ich unterschiedener Inbegriff von Seinsinhalten gegeben. Damit glauben wir etwas höchst wichtiges gefunden zu haben, den Archimedischen Punkt, nicht den, von dem aus wir die Aussenwelt aus den Angeln zu heben vermögen, sondern den, der uns Stützpunkt ist, um uns in die Aussenwelt hinüberzuschwingen, oder den Kristallisationspunkt, um den sich die ganze übrige Aussenwelt herumkristallisiert, die eigentliche Grundlage für den instinktiven Glauben an die Aussenwelt und für die naturhafte Geläufigkeit mit der wir unsere Wahrnehmungsdaten auf die Aussenwelt beziehen (*).

(*) *Op. cit.*, p. 167.

ex quo, qui permet au sujet d'atteindre médiatement l'objet réel extérieur.

Le simple énoncé de ces propositions montre que le Dr Ostler est assez loin, non seulement du perceptionnisme classique, mais aussi du perceptionnisme critique, tel qu'il est ordinairement présenté. La subjectivité des données du toucher, le rejet de la théorie scolastique des espèces, l'identification de l'image rétinienne et de l'espèce impresse, pour ne signaler que quelques points saillants de la théorie du professeur de Fulda, seraient contestés par les PP. Geny et de la Vaissière.

Je m'abstiendrai de discuter en détail le système du Dr Ostler. Son livre est fort intéressant et les critiques qu'il contient sont souvent très suggestives. Malheureusement, toute la théorie qui y est développée repose sur une erreur initiale. Les choses excellentes que peut contenir l'ouvrage perdent, dès lors, une partie notable de leur intérêt.

M. Ostler considère comme une donnée immédiate de la conscience la dualité *réelle* du contenu objectif de la vision et du sujet qui voit ; en d'autres termes, M. Ostler part de la distinction réelle entre la couleur formelle et l'acte psychique de la vision comme d'un fait évident, indiscutable.

Je crois avoir montré, après tous les psychophysiologistes contemporains, que cette prétendue dualité n'existe pas. Toute l'erreur du réalisme naïf consiste précisément à considérer comme réelle une dualité simplement apparente. Le vulgaire oppose la couleur formelle et l'acte de vision comme deux réalités distinctes ; l'analyse psychophysiologique de la vision prouve apodictiquement l'identité réelle de la couleur formelle et de l'acte psychique visuel.

Il est regrettable que M. le Dr Ostler, qui fait preuve

dans son travail d'une érudition historique appréciable et d'une grande finesse d'analyse, n'ait pas attaché plus d'importance aux arguments psychophysiologiques contre l'objectivité des couleurs formelles. Ce qu'il dit du principe des énergies spécifiques est bien sommaire et donne des inquiétudes sur la manière dont il interprète les faits biologiques.

Sans insister davantage sur ces critiques de détail, je voudrais proposer maintenant, aussi clairement que possible, l'argument fondamental que les illationnistes opposent aux perceptionnistes. C'est de l'analyse du processus psychophysiologique de la sensation externe qu'il convient de le tirer.

Une sensation tactile de pression pourra nous servir d'exemple concret.

Supposons qu'au moyen d'un corps dur, de la pointe d'un crayon, par exemple, on exerce sur la peau de la main une légère et très brève pression. Cette pression détermine une déformation de la peau et la déformation mécanique cause dans les terminaisons sensorielles cutanées une excitation physiologique. Jusqu'ici rien qui ressemble à une sensation tactile. Cependant le corps dur a terminé son rôle. L'action mécanique a cessé, la pointe du crayon n'est plus en contact avec l'épiderme, tandis que l'excitation physiologique se transmet le long des conducteurs nerveux jusqu'à la moelle d'abord, puis par les voies ascendantes jusqu'aux centres sensitifs cérébraux. Alors seulement se produit la sensation spécifique correspondante à la pression. Comme tout acte psychique, comme tout phénomène de conscience, cette sensation *se manifeste par elle-même* au sujet doué de sensibilité. Le sujet réagit psychiquement à l'excitation qu'il a reçue en éprouvant une sensation de pression.

Par un acte d'intelligence, le sujet peut appréhender

immédiatement la réalité de cette sensation de pression qui lui est actuellement présente. Il peut donc se dire : j'éprouve une sensation de pression, et ce jugement immédiat de conscience n'est pas sujet à erreur ; il ne fait que traduire l'appréhension immédiate du fait de conscience.

Mais comment veut-on que, grâce à cette sensation tactile de pression, l'intelligence appréhende immédiatement et sans aucun raisonnement l'existence du corps extérieur qui l'a causée ? L'intelligence n'a à sa disposition que la sensation, et celle-ci par elle-même ne dit rien de l'existence du corps qui l'a provoquée. En raisonnant sur la sensation, l'intelligence pourra bien conclure à la nécessité d'une cause externe au sujet, comme nous le dirons plus loin ; mais il lui est métaphysiquement impossible d'appréhender comme existant, un corps qui pourrait très bien être anéanti au moment où elle ferait cette prétendue appréhension. Comment s'y prendre pour appréhender immédiatement l'existence d'un être qui n'existe plus ? Or, pour l'intelligence, une fois que le contact a cessé, le corps extérieur est comme s'il n'existait plus.

Ce que je viens de dire d'une sensation tactile de pression pourrait être répété, sans aucune différence essentielle, d'une sensation visuelle, auditive, olfactive ou gustative. Dans aucun cas il n'est possible à l'intelligence de saisir immédiatement la réalité même de ce qui, ayant causé la sensation, *en est dit l'objet*.

Résumons cette argumentation dans une brève formule et dans un schéma :

L'objet réel A (qu'il soit extérieur au corps, comme le veulent les perceptionnistes vulgaires, ou intérieur au corps, comme le soutiennent des perceptionnistes critiques) détermine dans le sujet connaissant une modification physiologique a_1, doublée si l'on veut d'un

déterminant cognitionnel psychique a_2 ; le sujet, complété par ces déterminations venues de l'objet, réagit par une opération immanente, la sensation α :

$$A \rightarrow a_1\, a_2 \rightarrow \alpha$$

Cette sensation α *n'est appréhensive de rien du tout ;* elle est causée par A, et A est dénommé objet connu, quand α se produit sous son influence.

L'intelligence, qui a seulement α à sa disposition, peut remonter à la cause de cette sensation par un raisonnement. Mais l'être même de A ne saurait être immédiatement appréhendé.

Si quelqu'un soutenait, comme le fait M. Ostler, que l'objet immédiatement connu dans la vision n'est autre que la modification physiologique produite dans le sujet par la réalité extérieure, c'est-à-dire a_1, il se heurterait encore à la même difficulté. Entre cette modification physiologique et la sensation il y a bien relation de cause à effet, mais dans la sensation l'intelligence ne peut pas appréhender la *réalité* de la modification physiologique.

La sensation pourrait, au moins si l'on se place dans l'ordre des possibilités absolues, être directement causée par Dieu, par exemple, dans le sujet ; celui-ci croirait alors appréhender un objet réel existant et pourtant il n'existerait aucun objet réel.

Sans aller si loin, dans le cas des hallucinations la sensation se produit quelquefois sans qu'il y ait dans le sens externe aucune modification physiologique. Dira-t-on que l'intelligence croit alors appréhender un objet réel et se trompe ? Comment cette affirmation serait-elle en accord avec l'infaillibilité de l'appréhension immédiate ?...

Je résumerai donc toute la réfutation du perceptionnisme dans cet unique syllogisme :

L'intelligence ne peut pas appréhender immédiate-

ment l'existence d'une réalité dont l'action seule lui est présentée dans la sensation. Or, l'objet de l'expérience externe est une réalité dont l'action seule est présentée à l'intelligence dans la sensation. L'intelligence ne peut donc pas appréhender immédiatement l'existence de l'objet de l'expérience externe.

Puisqu'une appréhension intellectuelle immédiate ne nous permet pas d'aboutir à une certitude critique parfaite touchant l'existence du monde extérieur, il nous reste à montrer que le raisonnement peut nous donner ce que nous demanderions en vain à l'intuition.

B. *Justification du réalisme illationniste*

La marche à suivre est tout indiquée. Il faut partir de l'appréhension immédiate d'un objet ou d'un terme intrasubjectif, et déduire, à l'aide de quelque principe rationnel évident, l'existence des réalités extrasubjectives. Tous les illationnistes sont d'accord sur ce point, mais ils ont des avis divergents dès qu'il s'agit d'assigner l'objet intrasubjectif qui doit servir de point de départ.

D'après les uns, cet objet est exclusivement d'ordre phénoménal. Seuls les phénomènes psychiques seraient connus immédiatement par la conscience *en tant que phénomènes,* sans qu'il soit permis à l'esprit de leur attribuer, en vertu de cette intuition primitive, une réalité existentielle quelconque.

D'après un second groupe d'illationnistes, l'objet atteint immédiatement par la conscience inclurait non seulement les phénomènes psychiques en tant que réalités existantes, mais aussi le sujet corporel réellement étendu qu'affectent certains de ces phénomènes. Le sujet connaîtrait donc intuitivement l'existence de son

propre corps, il n'aurait à démontrer que l'existence des corps extérieurs au sien.

Pour un troisième groupe enfin, l'intuition immédiate porterait sur les phénomènes psychiques et sur le sujet substantiel qu'ils affectent, phénomènes et sujet étant connus comme réalités existantes sans que l'étendue réelle du corps du sujet soit appréhendée immédiatement par l'intelligence (1).

Il faut donc distinguer trois formes bien différentes d'illationnisme :

1° L'illationnisme à point de départ purement phénoménal ;

2° L'illationnisme à point de départ réel et étendu ;

3° L'illationnisme à point de départ simplement réel, non étendu.

Si l'on néglige cette distinction, on s'expose à considérer comme valable contre l'illationnisme en général, une objection qui ne vaut en réalité que contre une de ses modalités.

C'est ce qui ressortira, je l'espère, assez nettement de l'exposé et de la critique des trois formes indiquées.

a) *Illationnisme à point de départ purement phénoménal*

Précisons d'abord nettement cette première manière de comprendre l'illationnisme.

(1) Pour envisager tous les systèmes illationnistes possibles, il faudrait diviser ce troisième groupe d'illationnistes en deux sous-groupes. Le premier sous-groupe serait formé par ceux qui admettent la perception immédiate des faits de conscience *en tant que réalités* et celle du sujet qui les éprouve. Le second sous-groupe comprendrait les philosophes qui se donnent uniquement la perception immédiate des phénomènes psychiques réellement existants. Je crois qu'il est plus conforme aux données de l'expérience de considérer comme immédiate l'appréhension du sujet des phénomènes psychiques, mais je crois que l'on pourrait peut-être accepter comme suffisamment probable un système illationniste qui partirait de la seule appréhension des *réalités* psychiques. Dans ce système la substantialité du moi est démontrée par un raisonnement.

Le sujet qui cherche à se démontrer l'existence du monde corporel ne part pas du doute universel. Il croit être déjà en possession de quelque certitude. Il connaît ses phénomènes psychiques, mais il les connaît exclusivement *en tant que phénomènes*. Il a des sensations, des images, des idées, des volitions, mais il ne sait pas si ces faits de conscience sont des réalités existantes, si, quand il attribue dans un jugement d'existence l'*être* à une sensation, ce concept d'*être* est objectif, ni par conséquent s'il pourrait être attribué dans le même sens et avec vérité à une autre sensation. Il distingue l'être du phénomène, et se donne seulement ce dernier comme connu immédiatement.

A vrai dire, le sujet dont nous parlons se trompe s'il s'imagine posséder une certitude quelconque. Toute certitude suppose l'admission de la valeur objective du principe de contradiction, donc la valeur objective de l'idée d'être, donc l'appréhension immédiate de quelque réalité existante.

Je ne puis donner ici la preuve développée de cette série d'affirmations. Je me contenterai de quelques brèves indications justificatives.

Si une même chose peut en même temps être et n'être pas, il est impossible de rien affirmer avec certitude. Un même attribut en effet pourrait à la fois convenir et ne pas convenir au même sujet, on ne pourrait donc jamais savoir s'il convient ou ne convient pas.

Dire que le principe de contradiction a une valeur objective absolue, c'est dire qu'il est plus qu'une loi de l'esprit, qu'il est une loi de l'être. Si je ne puis pas penser qu'une même chose soit en même temps et ne soit pas, c'est que je sais ce qu'est l'être.

Mais comment savoir ce qu'est l'être, si aucun réel existant n'est connu immédiatement comme être ? Toujours l'esprit pourra se demander si l'attribution de l'être n'est pas le résultat d'une nécessité purement

subjective. En d'autres termes, il en viendra à poser de nouveau le problème critique.

Il faut de toute nécessité se donner, au point de départ de la critériologie, l'appréhension immédiate de quelque réalité connue comme réalité, sans cela on est logiquement enfermé dans le phénoménisme sceptique le plus radical.

Comment en sortirait-on ? Pas par une intuition puisque, par hypothèse, l'intuition ne porte pas sur du réel, mais exclusivement sur du phénoménal.

Par le raisonnement ? Impossible. Tout raisonnement suppose, en effet, l'admission de quelques principes rationnels, au moins de celui de contradiction. Or, comme je viens de le rappeler, le principe de contradiction n'est connu comme ayant une valeur objective que pour autant que l'on connaît ce que c'est que l'être (1).

L'illationnisme à point de départ exclusivement phénoménal est donc condamné à échouer dans sa tentative de démonstration de l'existence du monde extérieur, il n'aboutit même pas logiquement à l'être du sujet.

b) *Illationnisme à point de départ réel et étendu*

Ce second système ne pèche pas comme le précédent par défaut. Il est libéral envers l'intuition et lui concède beaucoup, on peut simplement se demander s'il ne lui accorde pas trop.

Les partisans de cette théorie admettent que le sujet connaît d'abord les faits de conscience comme des réa-

(1) Je crois qu'il est impossible de résoudre partiellement le problème critique pour les vérités d'ordre idéal, en faisant momentanément abstraction de la valeur de toute certitude portant sur l'ordre réel. Avant de savoir s'il y a de l'être et ce que c'est que l'être, je ne sais pas si le principe de contradiction a une valeur *objective*.

lités subjectives existantes ; il y a donc de ce chef appréhension de l'être et non pas seulement du phénomène en tant que phénomène. Ces faits de conscience sont de plus appréhendés comme appartenant à un sujet réel substantiel, permanent, qui se distingue de ses modifications. La réalité du moi est donc une donnée connue par intuition. Il y aurait plus encore. Le moi se connaîtrait comme réalité corporelle étendue sans aucun raisonnement, et par une compréhension intellectuelle immédiate.

Si l'on concède tous ces points, il n'y a évidemment pas la moindre difficulté à passer par un raisonnement à l'existence des corps extérieurs au sujet. L'idée d'un monde dans lequel seul le corps du sujet aurait une existence réelle est tellement saugrenue qu'elle n'a été, que je sache, défendue par aucun philosophe, et pour cela il faut qu'elle le soit vraiment beaucoup. Ce corps réel vêtu d'habits imaginaires, reposant sur un sol non moins imaginaire, se nourrissant d'aliments imaginaires, déçu quand il croit toucher des corps distincts de lui-même, mais pouvant toucher réellement ses différents membres, serait plus qu'invraisemblable ; il serait totalement absurde. Je n'insiste pas. Quelques-unes des raisons que je développerai plus loin, en parlant de la troisième forme d'illationnisme, pourraient être invoquées ici pour prouver l'existence du monde extérieur en partant de la réalité du corps du sujet ; mais il vaut mieux nous demander si nous connaissons vraiment par une appréhension intellectuelle immédiate l'étendue de notre propre corps.

Bon nombre de philosophes non perceptionnistes l'admettent sans hésiter. D'après ces auteurs, la réalité corporelle du sujet se trouverait dans une situation privilégiée. Étant immédiatement présente au sujet connaissant, elle pourrait être immédiatement connue telle qu'elle est, c'est-à-dire comme réalité étendue,

par un acte appréhensif de la conscience intellectuelle réflexe.

Tout en insinuant que cette opinion pouvait bien n'être que médiocrement fondée, je croyais pouvoir en défendre la probabilité, dans mon travail de 1911 (1). Un examen plus attentif de la question m'incline actuellement à penser qu'il n'y a pas lieu de faire en faveur du corps du sujet une exception à la loi générale. Pas plus que les autres réalités étendues, il n'est l'objet d'une appréhension intellectuelle immédiate.

Pour quels motifs admettrait-on cette appréhension ?

Est-elle vraiment, comme plusieurs l'affirment sans donner de plus amples explications, une donnée immédiate de la conscience ?

Il peut sembler, au premier abord, qu'un simple retour de l'intelligence sur les phénomènes psychiques sensoriels pris dans leur ensemble, sensations externes et internes, nous permet de saisir en elle-même et telle qu'elle est cette réalité étendue que nous appelons notre corps. Nous sentons, par exemple, que notre main droite n'est pas là où est notre main gauche et que toutes deux sont des membres de notre corps réellement étendu, etc.

Tant que nous nous tenons à ces constatations globales assez imprécises, nous ne dépassons pas le stade du réalisme naïf, dont nous avons démontré la fausseté à propos de la perception extérieure. Il suffit d'appliquer aux données de la sensibilité interne le raisonnement qui nous a servi à prouver que nous n'avons pas l'appréhension intellectuelle immédiate des corps distincts du nôtre, pour voir s'évanouir la prétendue intuition d'une réalité corporelle intrasubjective.

Supposons qu'il s'agisse d'analyser le processus

(1) *La connaissance sensible des qualités secondaires ;* REVUE DES QUEST. SCIENT., 3e série, t. XIX, livr. du 20 avril 1911, pp. 517-573.

psychophysiologique d'une sensation musculaire, et d'examiner ce que l'intelligence en peut tirer au point de vue de l'appréhension immédiate du corps du sujet.

Une contraction musculaire, causée, par exemple, par une excitation nerveuse, ou par une excitation électrique, se produit. Cette modification physiologique est l'excitant spécifique d'une terminaison nerveuse spéciale, qui entre en fonction au moment où la contraction musculaire a lieu. L'excitation purement physiologique reçue par cette terminaison nerveuse est conduite par des voies spéciales au cerveau. Là seulement se produit la réaction psychosensorielle caractéristique. que nous éprouvons quand un de nos muscles se contracte.

Si nous appelons B la partie du corps d'où est partie l'excitation, b_1, b_2 les déterminants psycho-sensoriels de la sensation musculaire, et β cette sensation elle-même, nous pourrons écrire

$$B \rightarrow b_1 \; b_2 \rightarrow \beta$$

Comme on le voit, cette notation est absolument comparable à celle qui nous a servi à analyser les données de la sensibilité externe.

L'intelligence n'a à sa disposition que la sensation. Elle peut en appréhender immédiatement la réalité ; mais comment, dans cette sensation, pourrait-elle appréhender la réalité de B ? Théoriquement, B pourrait ne plus exister au moment où β se produit. Sa réalité n'est donc pas saisie immédiatement dans la sensation musculaire.

Ce que je viens de dire d'une sensation interne isolée est vrai pour toutes. Un ensemble de sensations, dont aucune ne permet individuellement l'appréhension immédiate intellectuelle de la réalité du corps, ne saurait rendre possible cette même appréhension.

Si nous avions l'intuition de l'organicité de nos sen-

sations, c'est-à-dire, si nous les appréhendions immédiatement comme des modifications de notre corps, nous pourrions sans doute appréhender immédiatement l'étendue de notre organisme. Mais il s'en faut de beaucoup que le caractère organique de la sensation soit une donnée immédiate de conscience.

Mais, objectera-t-on, ne percevons-nous pas l'étendue réelle de nos sensations, ne les sentons-nous pas distantes spatialement les unes des autres ; une douleur à la main n'est-elle pas distante d'une douleur dans le pied ? Cela ne suffit-il pas pour nous permettre d'appréhender immédiatement l'étendue réelle de notre corps ?

Beaucoup de philosophes néoscolastiques l'admettent sans difficulté. Il est regrettable que cette opinion ne puisse pas être mise en harmonie avec les données certaines de la psychophysiologie. Il est absolument faux que nos sensations aient leur siège dans les parties du corps où nous les localisons ; nous ne les percevons donc ni comme étendues, ni comme distantes les unes des autres. C'est par suite d'une association d'images que nous unissons nos diverses sensations à la représentation des diverses parties de notre corps.

Il faut donc, semble-t-il, renoncer à la seconde forme d'illationnisme, qui suppose l'appréhension intellectuelle immédiate de l'étendue réelle de notre propre corps.

c) *Illationnisme à point de départ réel non appréhendé comme étendu*

Dans cette dernière théorie, on part de l'appréhension immédiate des phénomènes psychiques et du sujet affecté par ces phénomènes. Sujet et phénomènes sont supposés connus comme réalités existantes ; mais on ne se donne comme appréhendée immédiatement par l'intelligence aucune réalité étendue.

Il importe d'insister sur les caractères de cette intui-

tion initiale, en montrant par quelques exemples concrets comment il convient de la comprendre.

Supposons que j'éprouve successivement une sensation de piqûre, puis une sensation auditive, enfin une représentation imaginative visuelle. Chacune de ces modifications psychiques se prolonge un certain temps, dont je puis apprécier la durée concrète.

Il me suffit de fixer mon attention sur ces divers phénomènes pendant même qu'ils se produisent pour les appréhender intellectuellement comme des réalités psychiques *existantes*. Quand j'attribue ensuite dans un jugement le prédicat « être » à ces sensations, je sais que je leur applique une note qui leur convient objectivement. La sensation de piqûre *est* distincte de la sensation auditive ; mais toutes deux *sont* vraiment quelque chose. Je crois posséder la vérité quand je juge comme existantes mes modifications psychiques.

Pourquoi puis-je considérer ce jugement comme évidemment vrai ?

Si mon concept d'être était simplement causé dans mon esprit par mes phénomènes psychiques, s'il surgissait en moi à l'occasion de ces phénomènes, je pourrais craindre que l'attribution que j'en fais à mes phénomènes psychiques ne soit l'effet d'une nécessité purement subjective. Il se pourrait qu'en attribuant à ma sensation de piqûre, à ma sensation auditive, la note d'*être* comme commune à l'une et à l'autre, je sois dans l'erreur.

Mais cette crainte est chimérique. Je sais que mon concept d'être convient objectivement à mes phénomènes psychiques. parce qu'il en est tiré par une simple abstraction. Je puis à mon gré dégager de chacune des représentations que j'éprouve, au moment même où je les éprouve, cette note d'être réel, expérimenter pour ainsi dire la genèse de ce concept. J'ai ainsi pleinement conscience que dans le jugement

attribuant l'être à mes phénomènes de conscience, je ne fais qu'expliciter ce que contenait implicitement la saisie immédiate de la réalité de ces mêmes phénomènes.

Une analyse toute semblable montrerait comment le sujet peut appréhender sa propre réalité, en tant qu'elle s'oppose à celle de ses phénomènes psychiques.

Pendant que la sensation de piqûre se prolonge, quand je passe de la sensation de piqûre à la sensation auditive, j'ai aussi bien conscience de la permanence du moi que de la succession et de la durée des sensations. Je ne puis même avoir conscience de la succession et de la durée des sensations que parce que je saisis sous la diversité des phénomènes quelque chose qui reste identique à lui-même.

Nous avons maintenant tout ce qui est nécessaire pour établir la réalité du monde extérieur réellement étendu. Il nous suffira de raisonner sur les caractères des phénomènes psychiques tels qu'ils nous sont révélés immédiatement par la conscience.

Je proposerai un argument unique, qui pourrait être formulé ainsi :

La coordination harmonique des séries de nos sensations successives requiert une raison suffisante. Or, cette coordination n'aurait pas de raison suffisante si le monde extérieur réellement étendu n'existait pas. Donc le monde extérieur réellement étendu existe.

Pour établir la première proposition il faut montrer :

1° que nos sensations constituent des séries successives ;

2° que ces séries sont coordonnées entre elles d'une manière harmonique ;

3° que cette coordination requiert une raison suffisante.

Prouvons séparément chacun de ces points.

1° *Nos sensations constituent des séries successives.*

Je considère cette proposition comme une donnée immédiate de conscience. L'existence réelle des phénomènes n'est pas plus évidente que leur réelle succession dans le temps. Je n'ai pas simultanément l'audition de tous les accords qui constituent un morceau de musique ; ce serait une assez riche cacophonie. L'expérience du passage d'un accord à un autre, d'une dissonance, par exemple, qui se résout en un accord consonant, serait impossible, s'il n'y avait pas réellement succession des deux états de conscience distincts.

2° *Ces séries successives de sensations sont coordonnées d'une manière harmonique.*

Quelques exemples nous feront saisir pleinement le sens et la vérité de cette affirmation.

Je joue sur le clavier d'un piano quelques mesures d'une pièce quelconque. Analysons cette expérience en ne supposant évidemment que la réalité des phénomènes psychiques et celle du sujet qui les éprouve. Au stade où nous en sommes, nous ne sommes pas censés savoir si des doigts réels frappent des touches réelles ; ce que nous savons, c'est que nous avons les trois séries de sensations suivantes :

α) Une série de sensations musculaires et tactiles correspondantes au mouvement des mains sur le clavier ;

β) Une série de sensations visuelles, si les yeux suivent le mouvement des doigts ;

γ) Une série de sensations auditives.

Si je désigne les premières par les lettres m_1, m_2, m_3, ... m_n ; les secondes par v_1, v_2, v_3, ... v_n ; les troisièmes par a_1, a_2, a_3, ... a_n, en appelant t_1, t_2, t_3, ... t_n, les moments successifs de la durée, je puis établir le tableau suivant :

$$\begin{array}{ccccc} t_1 & t_2 & t_3 & \dots & t_n \\ m_1 & m_2 & m_3 & \dots & m_n \\ v_1 & v_2 & v_3 & \dots & v_n \\ a_1 & a_2 & a_3 & \dots & a_n \end{array}$$

Chaque série de sensations, représentée par une des lignes horizontales du tableau, est ordonnée en elle-même, et de plus, elle est coordonnée aux autres. Les lignes verticales du tableau indiquent cette coordination dans le temps ; au temps t_3 par exemple, il y a coordination des sensations m_3 v_3 a_3; au temps t_n il y aurait coordination des sensations m_n v_n a_n, etc.

Toute notre vie psychique est un tissu de coordinations semblables et il suffit d'un peu d'attention pour en découvrir d'étonnamment complexes dans nos actions les plus familières.

3° *Cette coordination des diverses séries de sensations exige une raison suffisante.*

Je n'ai pas à justifier ici le principe de raison suffisante. Il est à la base de tout raisonnement philosophique sur l'être réel. Tout ce qui est a tout ce dont il a besoin pour être. Il suffit de comprendre les termes de cette proposition pour voir qu'elle est pleinement évidente. La coordination temporelle des séries de nos sensations est quelque chose de réel, elle doit donc avoir comme telle une raison suffisante.

Nous avons ainsi établi les trois propositions que comprenait la première des prémisses de notre syllogisme et nous pouvons passer à la preuve de la seconde. Il s'agit de montrer que la coordination harmonique de nos sensations n'aurait pas de raison suffisante, si le monde extérieur étendu n'existait pas.

Voici comment je proposerais de l'établir.

Si la raison suffisante de la coordination de nos sen-

sations n'est pas au moins partiellement dans des réalités douées d'étendue formelle, elle doit se trouver ou bien adéquatement dans le sujet, ou bien partiellement dans des réalités inétendues distinctes du sujet. Or ces deux dernières hypothèses sont inadmissibles. Il faut donc admettre l'existence de réalités formellement étendues pour avoir la raison suffisante de la coordination de nos sensations.

Il est facile de montrer d'abord que les trois hypothèses énumérées sont les seules possibles. Le tableau suivant, disposé sous forme dichotomique, permet de se rendre compte que l'énumération est complète :

Raison suffisante de la coordination de nos sensations	[1] exclusivement subjective,		
	[2] non exclusivement subjective,		
	Supposant donc l'intervention de *réalités distinctes du sujet*	[3]	inétendues formellement,
		[4]	étendues formellement.

Si nous éliminons les hypothèses désignées par les chiffres [1] et [3], notre thèse sera prouvée.

a) *La raison suffisante de la coordination de nos sensations n'est pas exclusivement subjective*

Au cas où le sujet serait la raison suffisante adéquate de la coordination de ses sensations, il le serait ou par son activité consciente, ou par son activité inconsciente. Qu'il ne le soit pas par son activité consciente, cela est assez clair. Le donné s'impose à moi tout ordonné et je n'ai rien à faire pour en combiner l'harmonie.

Pas plus que l'activité consciente, l'activité inconsciente du moi ne peut être la raison suffisante cherchée. Tout ordre suppose une intelligence ordonnatrice, et une intelligence ordonnatrice inconsciente est un non sens. L'être intelligent agissant comme tel connaît la fin

qu'il poursuit et a conscience de cette connaissance. Un être insconscient ne peut être la raison *dernière* d'un *ordre* réel.

Le subconscient ne peut pas davantage être la raison dernière d'un ordre constant et rigoureux. L'ordre très relatif qui se trouve dans nos rêves ne s'expliquerait pas si notre psychisme à l'état de veille n'était pas ordonné. L'ordre du rêve est dérivé de l'ordre de l'expérience en dehors du sommeil.

Il faut donc chercher dans des réalités distinctes du moi la raison suffisante de la coordination de nos sensations.

b) *Des réalités non subjectives non formellement étendues ne peuvent pas être la raison suffisante de la coordination de nos sensations.*

Ces réalités non subjectives inétendues peuvent être supposées ou bien douées d'intelligence et capables de concerter consciemment leur action sur nous, ou bien non douées d'intelligence, mais disposées de manière à produire en nous des séries de sensations coordonnées. Dans un cas comme dans l'autre, on se heurte à de véritables absurdités.

α) *Insuffisance de réalités extrasubjectives inétendues et douées d'intelligence.*

En dernière analyse, il y aurait là un illusionnisme qui devrait être attribué à la cause première souverainement sage. Cette organisation cosmique, dans laquelle une ou plusieurs intelligences feraient converger leur action sur un ou plusieurs autres esprits de manière à déterminer en eux des représentations sériées et ordonnées dans le temps, est incompatible avec la sagesse et la véracité divines.

β) *Insuffisance de réalités extrasubjectives inétendues et non douées d'intelligence.*

Cette seconde hypothèse doit nous arrêter un peu plus, car elle n'est pas au premier abord aussi invraisemblable que la précédente.

On admettrait un nombre aussi considérable qu'il le faudrait de réalités capables d'agir sur nous de façon à déterminer nos sensations telles que la conscience les expérimente, mais on ne concéderait à ces réalités extrasubjectives aucune étendue réelle. Elles ne seraient donc pas distantes spatialement les unes des autres ; l'étendue serait une *forme subjective de nature exclusivement psychique*, qui correspondrait dans le monde phénoménal à une propriété *parfaitement inconnue* des réalités extrasubjectives.

Pour faire comprendre l'absurdité de cette hypothèse, il suffit de considérer quelques cas concrets. Reprenons d'abord l'exemple que nous avons utilisé plus haut.

Considérons les séries de sensations m_1, m_2, m_3 ; v_1, v_2, v_3 ; a , a_2, a_3 correspondantes à l'exécution et à l'audition d'un morceau de piano.

Admettons qu'à chaque sensation de chaque série corresponde un agent particulier (1).

Je désignerai par M_1, M_2, M_3 ceux qui correspondent aux sensations musculaires ; par V_1, V_2, V_3 les agents donnant lieu aux sensations visuelles et par A_1, A_2, A_3 ceux qui fournissent la série des sensations auditives.

Pour avoir la raison suffisante de la coordination de toutes ces sensations, il faudrait supposer que, *de par leur nature*, tous ces agents sont réglés de manière à agir synergiquement sur moi, et dans un ordre de succession temporelle déterminé. Ce que je représente par le schéma suivant :

(1) Le raisonnement serait identique si, au lieu d'agents distincts, on considérait des modes d'action distincts d'un même agent.

Série temporelle des sensations coordonnées :	t_1	t_2	t_3	etc.
	$m_1\ v_1\ a_1$	$m_2\ v_2\ a_2$	$m_3\ v_3\ a_3$	
Groupes d'agents agissant synergiquement sur le sujet :	$M_1\ V_1\ A_1$	$M_2\ V_2\ A_2$	$M_3\ V_3\ A_3$	etc.

Dans le temps t_2, par exemple, il faudrait que les agents $M_2\ V_2\ A_2$ agissent en même temps pour me donner le groupe de sensations $m_2\ v_2\ a_2$; au moment suivant ce seraient les agents $M_3\ V_3\ A_3$, qui devraient entrer en jeu pour me procurer $m_3\ v_3\ a_3$, etc.

Je dis que cette supposition est absurde.

Si *la nature des agents* réglait leur action synergique, il serait impossible que la série des agents A entrât en fonction sans que la série des agents M fût également en activité.

Mais l'expérience prouve que je puis avoir toute la série des sensations auditives a_1, a_2, a_3, etc., sans qu'il y ait de sensations musculaires correspondantes, par exemple, quand j'entends le même air exécuté par une autre personne. L'action des agents A_1, A_2, A_3 n'est donc pas invariablement liée à celle des agents M_1, M_2, M_3.

Tout au contraire s'explique de la manière la plus simple et la plus satisfaisante pour l'esprit, si l'on admet que les doigts, réellement étendus, se meuvent sur un clavier réel et déterminent au moyen de cordes réelles des ondulations sonores réelles, etc..., en un mot, si l'on admet en dehors du sujet doué de psychisme des réalités formellement étendues.

Les coordinations temporelles des données immédiates de la conscience exigent donc une coordination spatiale réelle des objets corporels.

D'autres coordinations psychiques aussi évidentes que les coordinations temporelles nous amèneraient

d'une manière convergente à la même conclusion. J'en choisis encore une dans le domaine des sensations auditives.

Faisons vibrer une corde de contrebasse donnant le LA_1, puis une corde de violon donnant le la_1. Nous éprouvons deux sensations auditives qui diffèrent qualitativement. Trois octaves séparent les deux sons entendus. Après cela faisons parler un tuyau d'orgue de 16 pieds donnant le LA_1, puis un tuyau de 8 pieds donnant le la_1. Nous aurons deux nouvelles sensations auditives comparables aux deux précédentes au point de vue de la hauteur des sons entendus. La sensation déterminée par le tuyau de 16 pieds sera à rapprocher de celle qu'a causée la corde de contrebasse et la sensation produite par le tuyau de 8 pieds sera de même hauteur que celle que déterminait la corde de violon.

Si nous nous plaçons dans l'hypothèse réaliste, il n'y a rien que de très facilement explicable dans ces coordinations. La hauteur des sons entendus est fonction du nombre des vibrations sonores. La contrebasse et le tuyau de 16 pieds déterminent des sensations semblables, parce qu'ils produisent réellement le même nombre de vibrations dans l'unité de temps.

Mettons-nous au contraire dans l'hypothèse idéaliste. Supprimons les instruments réellement étendus, les vibrations se propageant dans l'air etc. Nous restons devant une coordination de sensations absolument inexplicable.

Pourquoi la sensation auditive associée aux sensations représentant la mise en vibration de la corde de violon, ne serait-elle pas qualitativement semblable à la sensation qui est liée aux phénomènes psychiques correspondant à la mise en vibration du tuyau de 16 pieds ? On ne le voit pas.

Un petit nombre de faits de même ordre que ceux

que je viens de citer suffiraient, je crois, pour démontrer la fausseté de l'idéalisme à tout esprit non prévenu.

On sait, en effet, que des probabilités convergentes permettent quelquefois d'établir la vérité d'une proposition avec une pleine évidence : il en est ainsi lorsque la vérité de la proposition en question est la seule raison suffisante de la convergence des probabilités considérées.

Corrélativement, des invraisemblances ou improbabilités *convergentes* peuvent permettre d'acquérir une certitude métaphysique sur la fausseté d'une hypothèse.

Or la théorie idéaliste niant la réalité de l'étendue formelle voit s'accumuler sur elle, de quelque côté que nous l'envisagions, un tel nombre d'invraisemblances qu'elle ne peut en aucune manière être considérée comme probable.

Intentionnellement, j'ai laissé à cette longue série de raisonnements leur forme syllogistique et schématique. J'espère que les lecteurs me pardonneront l'inélégance de ce procédé qui leur permettra peut-être de faire plus aisément la critique de mon travail.

Robert de Sinéty, S. J.

CHRISTOPHE COLOMB

Les diverses Phases de sa vie d'après la Légende et l'Histoire (1)

(Suite)

N'ayant fréquenté que l'école primaire, Colomb n'avait pas un lourd bagage littéraire et scientifique.

D'autre part sa connaissance du latin était élémentaire et c'est même, parce qu'il ne la possédait guère, qu'il couchait rarement ses idées sur le papier, dans sa langue maternelle.

A croire l'amiral, il s'est initié à l'art de naviguer avec l'aide de Dieu.

De plus il savait, grâce à sa dextérité et à son intelligence, tracer exactement les cartes, et il possédait des notions suffisantes d'astrologie, de géométrie et d'arithmétique.

Il est fâcheux qu'un homme si bien doué ne soit pas parvenu à déterminer, fût-ce approximativement, la latitude du fort de Saint Georges de la Mine (golfe de Guinée), qu'il visita deux fois ; or ce fort se trouve non sous la ligne, mais à cinq degrés plus au Nord que Colomb ne l'indique ; de même la latitude d'Española (Haïti) et de l'Islande est exacte, mais à quatorze ou à dix degrés près.

Pour disculper l'amiral, on estime que ces erreurs, passablement grossières, étaient inhérentes à l'époque.

(1) Cf. Rev. des Quest. scient., oct. 1912, p. 506.

Certes, Juan de la Cosa, le pilote le plus renommé de la fin du XVe siècle, et d'autres marins et navigateurs expérimentés, se sont trompés comme Colomb.

Mais erreur ici ne fait pas compte. Les mauvaises latitudes relevées par ses contemporains n'établissent en rien la compétence de Colomb. Et l'on n'est pas en droit d'exiger d'eux « ce qu'on doit demander à celui qui prétendait avoir consacré (1) quarante années à l'étude des secrets de la nature et qui disait être arrivé par la science seule à déterminer la route à prendre pour aller aux Indes par l'ouest ainsi que la distance qu'il y avait à franchir. Les erreurs astronomiques et cosmographiques de Colomb sont graves, parce qu'elles témoignent contre ses prétentions, parce qu'elles sont inconciliables avec l'existence du grand dessein scientifique qu'on lui attribue. »

Ces faits étant acquis, ne faut-il pas se demander si Colomb fut bien capable de construire le globe terrestre qu'il fit parvenir (!) à Toscanelli, le physicien de Florence.

Et voici mieux encore.

Au cours de ses voyages l'amiral aurait, à différentes reprises, pris la hauteur du Soleil au moyen du quadrant et d'autres instruments, et il aurait trouvé, comme Alfragan, que le degré terrestre correspondait à 56 milles et 2/3 (2).

Malgré son admiration pour Colomb, Alexandre de Humboldt ne croit pas à ces opérations importantes, dont il le jugeait incapable (3), parce qu'il était bien faible dans les premières notions géométriques qu'on

(1) Vignaud, *loc. cit.*, p. 296, note 11.

(2) Navarrete. *Colleccion de los viajes*, t. I, p. 300 ; — F. Colomb, *Historie*, ch. IV ; — Raccolta, 1re partie, t. III, *Autografi di Cristoforo Colombo*, série C, n° 490 *(Imago mundi)*.

(3) *Examen critique*, t. I, pp. 82-83 et note.

sait avoir été très répandues en Italie à la fin du XVe siècle (1).

Mais alors se présente cette objection fort naturelle :

Comment expliquer les écrits. mémoires, lettres, etc., qu'on doit à Christophe Colomb (2) et qui sont reproduits au nombre de 64 dans la RACCOLTA (3).

Sans exagérer l'importance de l'ensemble de ces travaux, disons qu'on peut les attribuer à plusieurs causes.

Au cours de ses voyages, pendant son séjour au Portugal, Christophe Colomb, aventurier intelligent, ambitieux, observateur et intrigant, a acquis diverses connaissances, dont on trouve l'empreinte dans ses écrits.

D'autre part, il a été en relations et a pu s'entretenir, en Portugal et en Espagne, précisément en raison du projet qu'il avait mis sur pied, « avec des hommes savants, clercs et séculiers, latins et grecs, juifs et maures, et de beaucoup d'autres sectes » (4). Enfin, si nous nous en tenons à son assertion, il eut l'occasion de voir, bien mieux d'« étudier tout ce que l'on a écrit sur la cosmographie, l'histoire, les chroniques, la philosophie et d'autres arts » (5).

C'est presque de l'encyclopédie, mais l'exagération habituelle de Christophe Colomb semble une fois de plus manifeste. D'après Monsieur De Lollis (6), un des admirateurs de l'amiral, « si l'on voulait dresser une

(1) Alex. de Humboldt, *loc. cit.*, t. III, pp. 17-19.

(2) On peut citer d'autres travaux, disparus de nos jours, notamment des esquisses cartographiques, dont font maintes fois mention les lettres de l'amiral et les documents officiels.

(3) 1re partie, tt. I et II.

(4) Vignaud, *loc. cit.*, p. 367.

(5) Libro de las profecias, RACCOLTA COLOMBIANA, 1re partie, t. II, *Scritti di Colombo*, p. 79.

(6) Il a reproduit en fac-similé, avec transcription en regard, et commentaires, toutes les pages des ouvrages annotés par Christophe Colomb. Cf. RACCOLTA, *Scritti di Colombo*, 1re partie, 3 vol. in f^o.

liste des auteurs que Christophe Colomb cite lui-même dans ses écrits et de ceux dont la lecture lui est attribuée par son fils, on trouverait en retranchant de la somme ceux qui, évidemment, n'ont pas été consultés directement par lui, que l'ensemble de son érudition n'excédait pas beaucoup ce petit nombre de volumes qu'il annota de ses mains sur les marges et que les soins de son fils nous ont conservés (1) ».

Ces volumes sont :

Tractatus de Ymagine Mundi, du cardinal Pierre d'Ailly, [Jean de Westphalie, 1480 à 1487]. In f°, 184 ff., nch., car. gothiques.

Il s'y trouve 898 notes autographes des Colomb (2).

Pii II. Pontificis Maximi. Historia Rervm Vbiqve Gestarvm. Cvm Locorvm Descriptione Non Finita Asia Minor Incipit... impressioni Venetiis dedicta : per Iohannem de Colonia sociumque eius Iohannem manthen de Gherretzem anno millesimo : cccclxxvii. In f°, 105 ff., nch., car. rom.

On rencontre 861 notes dans cet ouvrage du Pape Pie II (Aeneas Sylvius Piccolimini) (3).

Incipit prologus in libro domini Marci Pauli de Veneciis de consuetudinibus et condicionibus orientalium regionum, ex vulgari in Latinum traductus per fratrem Franciscum de Pipino de Bononia. [Anvers, Gérard de Leu, 1485 (?)]. Pet. in-4°, 74 ff., nch.

Les 366 notes ont été reproduites (4).

(1) *Qui a découvert l'Amérique*, Rev. des Revues, Paris, 15 janvier 1898, pp. 155-156 ; — Vignaud, *Hist. crit. de la grande entreprise de Christophe Colomb*, Paris, 1911, t. I, pp. 95-96.

(2) Cf. Vignaud, *Hist. crit. de la grande entreprise de Christophe Colomb*, Paris, 1911, t. I, pp. 96-99; Raccolta, 1re partie, t. II, *Scritti di Colombo*, pp. 370-445 ; t. III, *Autografi di Cristoforo Colombo*, sér. C.

(3) Cf. Vignaud, *Hist. crit. de la grande entreprise de Christophe Colomb*, t. I, pp. 101-102 ; — Raccolta, 1re partie, t. II, *Scritti di Colombo*, pp. 291-369 ; t. III, *Autografi di Cristoforo Colombo*, sér. B.

(4) Raccolta, 1re partie, t. II, *Scritti di Colombo*, pp. 446-470 ; t. III, *Autografi di Cristoforo Colombo*, série D. — Cf. Sir Henry Jule et Henri Cordier, *The Book of Ser Marco Polo*, 3e édition, London, 1903, t. II, pp. 558-559.

Naturalis Historia de Pline, en traduction italienne de Landino, Venise, 1489.

Une vingtaine (24) d'annotations ont été faites par C. Colomb (1).

Vie de Plutarque, en traduction castillane, de Palencia, Séville, 1491.

Géographie de Ptolémée, Rome, Arnold Buckinck, 1478.

Sur le *Ptolémée* ne figure que la signature de l'amiral qui s'est d'ailleurs borné à des annotations insignifiantes sur le Plutarque. Les notes assez nombreuses et parfois intéressantes, placées aux trois premiers de ces ouvrages, montrent les connaissances que Colomb put acquérir « par ses seuls efforts » (2). Or c'est dans ces ouvrages, dans l'*Imago Mundi* tout particulièrement, que Colomb s'est instruit et a puisé par le fait une théorie du monde, c'est-à-dire son système cosmographique, donc les éléments essentiels du grand dessein, qu'on lui prête, d'atteindre les rivages asiatiques en naviguant à l'ouest.

L'initiation scientifique de l'amiral, dont la profonde ignorance et le manque de culture (3) n'ont d'ailleurs pas entravé la découverte de l'Amérique, son initiation scientifique, disons-nous, qui n'est, d'après Harrisse (4) que le résultat de l'intuition dont il était doué à un si haut degré, et d'une faculté d'observation de premier ordre, ne date donc pas de sa jeunesse, mais remonte à son « établissement en Portugal et en Espagne. C'est là qu'il apprit ce qu'il sut jamais de latin ; c'est là qu'il connut les seuls livres qui lui fournirent toutes ses idées

(1) Raccolta, 1re partie, t. II, *Scritti di Colombo*, pp. 471-472; — t. III, *Autographi di Cristoforo Colombo*, série E.

(2) Harrisse, *Christophe Colomb*, t. I, p. 246.

(3) *Una enorme ignorancia y falta de cultura*. D'après le Prof. César Lombroso, dans Pr. Peragallo. *Disquisizioni Colombine*, n° 6. *Cristoforo e le accuse del dottor Cesare Lombroso*, Gênes, 1912, in-8°, p. 17.

(4) *Christophe Colomb*, t. I, p. 250.

théoriques ; c'est là qu'il se familiarisa avec les questions de navigation et qu'il acquit les connaissances pratiques qu'il utilisa plus tard » (1).

PREMIERS VOYAGES DE COLOMB

A quelle époque et grâce à quelles circonstances, Colomb, tavernier en 1470 et certainement tisserand le 26 août 1472 et le 7 août 1473 (2), a-t-il abandonné le métier à carder pour se faire marin ?

Dans un article déjà cité, M. Ugo Assereto (3) se demande si le père de Christophe Colomb se borna au métier de tisserand et d'aubergiste, et s'il ne fut pas marin. « A buon conto, dit-il, in una *mostra* (rassegna) della galera comandata da Lazzaro Assereto, del 1469, fra i marinai ho trovato *Dominicus Columbus*. Non voglio assicurare che si tratti del padre del Cristoforo, ma non parmi nemmeno possa escludersene la possibilità, e che in quel punto in cui avea abbandonato il mestiere del formaggiaio e non ancora ripreso quello del tessitore, prima di entrare in carcere, per sostentare la vita si fosse arruolato marinaio, mestiere che probabilmente già conosceva. E se ciò può credersi del padre, tanto è più possibile che avesse interrottamente navigato il figlio ; chi sa se qualche giorno non se ne abbia a trovare il nome fra quei della ciurma di qualche galea, magari giovinetto fra gli *scannagalli!* ».

Si le Dominicus Columbus, ici signalé, est le père de Christophe, ce que nous ne croyons pas, il faut cependant noter qu'il n'a jamais pu se targuer d'une grande expérience maritime, et que ce n'est guère son exemple, qui aura déterminé la carrière de son fils. Pour

(1) Vignaud, *Études critiques sur la vie de Colomb avant ses découvertes*, p. 299.

(2) Raccolta, IIe partie, t. I, p. 523.

(3) Giornale storico e letterario della Liguria, Genova, 1904, p. 9.

nous c'est accidentellement que Christophe Colomb, dont on ignore, d'une façon absolue, l'emploi du temps pendant les deux ou trois années qui précédèrent immédiatement son séjour au Portugal, c'est accidentellement, d'après nous, que Christophe Colomb a pris goût aux choses de la mer, qu'il a fini par pratiquer.

Vivant au contact de la grande eau fascinatrice, il aura, comme tel, mais sans cesser d'être en ordre principal, cardeur de laine (1) ou tisseur de drap, fait quelques études nautiques, et pris place, par hasard et à intervalles éloignés, sur quelque navire marchand. Et c'est ainsi que l'amiral a pu écrire en toute vérité que sa carrière maritime commença à l'âge de quatorze ans (2), donc vers 1465, et qu'elle s'est continuée, sans interruption, ce qui semble exagéré, jusqu'au moment où il se mit à naviguer pour le compte de l'Espagne (3).

Nous avons dit (4) combien étaient erronées l'opinion d'après laquelle Christophe Colomb s'initia à la pratique de la mer sous les ordres de deux illustres marins français Guillaume et Georges Coullon (!), et l'assertion qu'il fit campagne avec les Vénitiens, pour le roi René II de Lorraine, et prit part à un combat naval devant Chypre.

Cette *opinion* n'est pas imputable à Colomb, ni à son fils ou à Las Casas, mais à des auteurs modernes. Le premier qui l'ait émise est Casoni, annaliste génois du commencement du XVIIIe siècle (5) ; il affirme même que Christophe servit sous les Coullon jusqu'en 1481 ;

(1) Vignaud, *Études critiques sur la vie de Colomb*, p. 308, note 34 ; — Harrisse, *Christophe Colomb*, t. I, p. 247.

(2) « Che comincio a navigar di quatordici anni ». Fernand Colomb. *Historie*, chap. IV, f° 9 v°.

(3) « De muy pequeña edad entré en la mar navegando, è lo he continuado fasta hoy ». Lettre de Christophe Colomb adressée en 1501 aux Rois Catholiques. RACCOLTA, *Scritti di Colombo*, t. II, p. 79. (Texte du *Libro de las profecias)*.

(4) REV. DES QUEST. SCIENT., oct. 1912, p. 516.

(5) ANNALI DELLA REPUBLICA DI GENOVA, Gênes, 1708, p. 26.

alors l'amiral était établi en Portugal depuis plusieurs années (1).

Après Casoni, il faut citer un autre auteur italien, Bossi (2), puis le consciencieux Washington Irving (3), Roselly de Lorgues, dépourvu de tout sens critique (4), Tarducci (5), les éditeurs des *Cartas de Indias* (6), Paz y Melia (7) enfin. D'après M. Vignaud (8), ce dernier fait l'ingénieuse distinction, que les deux Coullon étaient de simples pirates, et il conclut sans hésiter qu'on ne navigue pas avec des navires de commerce, pendant 23 années consécutives, comme Colomb assure l'avoir fait; les pirates seuls tiennent une pareille existence : donc Colomb a été pirate, ce qui d'ailleurs se reconnaît à sa cruauté, à son esprit de rapine et à l'aisance avec laquelle il parle de réduire les Indiens en esclavage !

Les campagnes maritimes, attribuées à Christophe Colomb avant son établissement en Portugal, sont signalées par lui-même et par Las Casas. D'après ce dernier, l'amiral ne s'initia pas au métier à l'école des Coullon, mais servit sous leurs ordres. De plus, il fit campagne pour le roi René et se rendit à Chio.

A côté d'indications vagues, nous trouvons sous la plume de Colomb, un renseignement précieux et précis (9). « J'ai été au Levant, au Ponant et sur la route

(1) Vignaud, *Études critiques sur la vie de Colomb avant ses découvertes*, p. 310.

(2) *Histoire de Christophe Colomb*, Paris, 1824, note VII, pp. 102-105.

(3) *History of the life and voyages of Christopher Columbus*, London, 1828, t. I, p. 20.

(4) *Christophe Colomb*, Paris, 1878, t. I, p. 77.

(5) *Vita di Cristoforo Colombo*, t. I, chap. II, p. 29.

(6) Madrid, 1877, in-f°, p. 740ª.

(7) Cf. la revue EL CENTENARIO, 1892, n° 23, pp. 117 et 118.

(8) *Études critiques sur la vie de Colomb*, p. 312, note 43.

(9) Y vi todo el Levante y Poniente ; que dice por ir al camino de Septentrion, que es Inglaterra. Cf. Vignaud, *Études critiques sur la vie de Christophe Colomb*, p. 313, note 45. — Fernand Colomb reproduit ce témoignage, *Historie*, ch. IV, f° 9 v°.

du Nord, où se trouve l'Angleterre » déclare-t-il, et « j'ai parcouru toutes les mers fréquentées par les navigateurs » (1). Il ajoute d'autre part que le roi Reynel (René) (2) l'envoya à Tunis pour s'emparer de la galéasse la *Fernandina*, battant pavillon aragonais. Quand il se trouva par le travers de l'île St-Pierre (Sardaigne), une Saïque lui apprit que ce bateau était accompagné de deux navires et d'un caraque. Sur le refus de l'équipage de continuer le voyage sans renfort, Colomb fit semblant de reprendre le chemin de Marseille, et ayant changé la direction de la boussole, à l'insu de tout le monde, il se trouva le lendemain en face de Carthage (3).

Ce fait de guerre, dont nous ignorons la date, se rapporte à la lutte que le roi René d'Anjou entreprit contre Alphonse V d'Aragon et son fils Ferdinand, qui lui disputaient le trône de Naples. Washington Irving, de Humboldt, d'Avezac, Tarducci, Asensio, etc., acceptent le récit, presque sans examen, alors que d'autres auteurs, tels Harrisse, Sir Clements Markham, M. Vignaud, le rejettent.

La question n'est donc pas élucidée; elle présente pourtant de l'intérêt, car si Colomb eut le commandement d'un ou de plusieurs navires de guerre du roi René, c'est qu'il avait fait ses preuves comme homme de mer. Ce gros facteur au point de vue de la genèse du grand dessein de Colomb mérite examen (4). Or le tisserand de Gênes et de Savone a-t-il pu, comme capitaine, être au service du roi René ? La solution de cette question dépend de la date à laquelle se place l'événement rapporté. « En 1414, Jeanne II, de la

(1) Nous suivons ici absolument M. Vignaud, *Études critiques sur la vie de Christophe Colomb*, pp. 314 et seqq.

(2) Lettre de C. Colomb aux Rois Catholiques. Española (Haïti), janvier 1495. RACCOLTA, 1re partie, *Scritti di Colombo* (par De Lollis), t. I, p. 289, n° VII.

(3) Le texte de Colomb dit Carthagène.

(4) Vignaud, *Études critiques sur la vie de Colomb*..., p. 315.

maison d'Anjou-Tarente, monta sur le trône de Naples, que revendiquait une autre branche de la maison d'Anjou, représentée alors par Louis III d'Anjou, frère de René et de Marie, femme de Charles VII » (1), roi de France. La reine Jeanne, qui n'avait pas d'enfants, adopta successivement Alphonse V, déjà roi de Sicile, et le duc d'Anjou, qui eut pour successeur à sa mort en 1434, son frère René, devenu duc de Lorraine par son mariage avec Isabelle de Lorraine. Après la mort de Jeanne II (1435), René et Alphonse V se trouvèrent en état d'hostilité déclarée. Ce dernier s'empara définitivement, le 2 juin 1442, du royaume de Naples, où le règne effectif de son adversaire fut terminé. Malgré les diverses tentatives accompagnées de quelques succès éphémères pour la reconnaissance de ses droits, René finit par conclure avec la maison d'Aragon, le 19 juillet 1479, une trève à longue échéance.

Né en 1451, Colomb navigua, on se le rappelle, dès l'âge de 14 ans, soit à partir de 1465. Comme il aborda au Portugal en 1476 et que de 1474 à 1475 il fit incontestablement un voyage à Chio, ce n'est donc que de 1465 à 1473 et pour autant qu'une expédition maritime quelconque ait été organisée, qu'il put travailler pour la cause du roi René.

La chose n'est pas impossible, mais est-elle probable? Colomb était avant tout tisserand, et s'il a fait, par intermittence, des voyages dans la Méditerranée, ceux-ci firent-ils de lui le commandant audacieux, expérimenté et rusé auquel on confie la conduite d'un bâtiment armé pour la course ?

En vérité, si Colomb s'est trouvé à bord de vaisseaux à la solde de René, ce ne peut pas être comme capitaine, mais comme simple marin. Et le récit qu'il nous fait, à moins d'être imaginé de toutes pièces, nous

(1) Idem. *Ibidem*, p. 315.

rapporte un exploit, qu'il faut mettre à l'actif de l'officier sous les ordres duquel il était placé. D'ailleurs l'histoire que nous détaille Colomb est-elle vraisemblable ? « Pour l'accepter, remarque M. Vignaud (1), il faut croire à un concours de circonstances, les unes improbables, les autres tellement extraordinaires, que cela paraît impossible ; il faut admettre que Colomb a réellement servi sous le roi René, qu'il a quitté du jour au lendemain la carde du tisserand pour prendre le commandement d'une galère royale, qu'il a dérangé la boussole de son navire sans qu'on s'en aperçoive ; que personne à son bord n'a observé ni la direction des vents, ni celle des vagues, ni la situation des étoiles, que la nuit pendant laquelle il passa de l'île San Pietro à Tunis fut longue, et qu'il eut constamment le vent en poupe. Sans la réunion de toutes ces circonstances, il n'aurait pu faire ce qu'il dit avoir fait, et comme un tel concours de choses est invraisemblable, on est plutôt fondé à voir dans le récit de cette aventure une de ces hâbleries auxquelles se complaisait Colomb qui, par une singulière déviation du sens moral, trouvait un plaisir malsain à montrer qu'il était capable de ruse et de duplicité. »

Le voyage à Chio, situé dans l'Archipel, ne peut pas, comme les services rendus par Colomb à la cause du roi René, être rejeté dans le pays de la fantasmagorie et du rêve.

Dans son Journal de Bord (2) l'amiral fait plusieurs allusions à sa présence en cette île, sans indiquer les motifs qui l'y ont amené ; il y a vu le lentisque, l'arbre produisant la gomme, dite mastic ; la récolte de cette substance se faisait en mars et représentait pour la

(1) *Études critiques sur la vie de Colomb...*, pp. 326-327.

(2) 12 novembre et 11 décembre 1492. Cf. Raccolta Colombiana, 1re partie, t. I, pp. 39 et 40 ; — 60.

Seigneurie de Gênes, en possession de Chio depuis 1346, un revenu de 50 000 ducats.

Bien que Colomb ne donne aucune date, on estime généralement que le voyage à Chio s'est fait avant l'établissement de l'amiral au Portugal (1), et postérieurement au mois d'août 1473, époque où sa présence à Savone est relevée pour la dernière fois.

D'après M. Vignaud (2), le voyage à Chio peut être placé en 1474 ou en 1475, années au cours desquelles deux expéditions organisées, l'une à Savone, l'autre à Gênes, furent envoyées dans cette île.

La première quitta Savone le 25 mai 1474; il ne résulte de cette circonstance qu'une présomption en faveur de la présence de Colomb sur un des bateaux. Formée de quatre navires, la seconde expédition, partie de Gênes en 1475, fut « équipée par la République pour aller porter du renfort à l'île de Chio que menaçaient les Turcs » (3). Giovanni-Antonio di Negro et Nicola Spinola commandaient chacun un bâtiment.

« Deux raisons donnent à penser que Colomb a pu s'embarquer avec les deux Génois qui viennent d'être nommés : la première, c'est qu'il paraît avoir contracté des liens d'amitié avec eux, puisque le frère de l'un d'eux et le fils de l'autre figurent sur son testament; la seconde, qui est encore plus frappante, consiste dans ce fait significatif, que nous aurons à exposer tout à l'heure, que, moins d'un an après le départ de di Negro et de Spinola de Gênes pour Chio, Colomb se trouvait avec eux et avec leurs mêmes navires dans une bataille navale engagée au large du Cap Saint-Vincent, en août 1476 » (4).

(1) Harrisse, *Christophe Colomb*, t. I, p. 306; — S. Ruge, *Colombus*, p. 32; A. Salvagnini, *C. Colombo e i Corsari Colombo...*, dans la RACCOLTA, IIe partie, t. III, p. 146.

(2) *Études critiques sur la vie de Colomb...*, p. 329.

(3) *Ibidem*, p. 330.

(4) Vignaud, *Études critiques sur la vie de Colomb...*, pp. 330-331.

Nous sommes fixés ainsi sur cette « difficulté de la vie de Colomb : l'époque à laquelle il quitta ses foyers pour commencer sa carrière de navigateur » (1).

L'ARRIVÉE DE COLOMB EN PORTUGAL

D'étape en étape, nous voici au point culminant de la vie de Christophe Colomb : *son arrivée en Portugal.* C'est dans ce pays que s'ébauche réellement sa carrière maritime et que s'élabore le grand dessein qui va illustrer son nom et sa race. A quelle date faut-il placer l'événement et quelles en sont les causes ? L'accord n'est pas fait sur ces points. Puisqu'il semble que la question prendra un tout autre aspect que celui sous lequel on s'est habitué à la considérer (2), si l'on parvient à déterminer la date, occupons-nous d'abord de celle-ci.

D'après la tradition colombienne (3), l'amiral se rendit en Espagne à la fin de l'année 1484 ou au commencement de 1885 ; il s'efforça en vain (4) pendant 14 ans de faire accepter son projet par le roi de Portugal ; dès lors, son arrivée dans ce dernier pays, en supposant qu'il y résida effectivement et que sa démarche fut introduite, dès qu'il y mit le pied, peut remonter à 1470 ou à 1471.

Si Colomb est né en 1451, nous croyons l'avoir rigoureusement démontré, comment concilier la date de 1470 avec la déclaration de l'amiral qu'il a navigué dès l'âge de 14 ans (1465), et est resté pendant 28 ans, sans presque venir à terre ? Il résulte, en effet, de ceci que Colomb serait arrivé en Espagne non en 1484, mais en 1488.

(1) Idem. *Ibidem*, p. 328.
(2) Vignaud, *Études critiques sur la vie de Colomb...*, p. 335.
(3) Fernand Colomb. *Historie...*, chap. XIII, f° 32 r° ; — Las Casas. *Historia...*, livre I, ch. XXIX, p. 226.
(4) Vignaud, *Études critiques sur la vie de Colomb...*, p. 336, note 92.

Mais d'autre part, si Colomb a quitté le Portugal en 1484, ses 23 ans de navigation nous amènent à 1461 ; c'est donc à l'âge de 10 ans, et non à 14 ans, qu'il se serait mis à naviguer.

Ces dates si contradictoires, relevées chez les Colomb, sont d'ailleurs battues en brèche par les actes authentiques des 27 septembre et 31 octobre 1470, des 20 mars et 26 août 1472, du 7 août 1473, actes passés par devant notaires à Gênes ou à Savone, et auxquels Colomb prit part (1).

Sans doute, l'amiral, établi en Portugal, postérieurement au 31 octobre 1470, peut être rentré en Italie en 1472 et 1473, mais c'est peu probable, car si Colomb à ces dates avait déjà embrassé au Portugal la carrière maritime, « pourquoi est-il qualifié dans ces actes notariés, non de *homo maritimus nauta* ou *navicularius* mais de *lanerius?* Pourquoi dans son propre pays et dans des actes authentiques lui assigne-t-on Gênes, tout au moins comme lieu de résidence, si depuis plusieurs années il vit à l'étranger? (2) »

Malgré les contradictions qu'on rencontre chez Colomb ; malgré les suggestions si péremptoires d'actes authentiques, trop récemment exhumés pour que plusieurs historiens en aient eu connaissance, la date de 1470, assignée par la tradition colombienne à l'arrivée de l'amiral au Portugal, a souri à bon nombre de critiques et non des moindres : Washington Irving (3), de Humboldt (4), Major (5), Fiske (6), Tarducci (7), Asensio (8), Desimoni (9).

(1) Vignaud, *Études critiques sur la vie de Colomb...*, p. 337.
(2) Harrisse, *Christophe Colomb*, t. I, p. 264.
(3) *A History of the life and voyages of Christopher Columbus*, London, 1828, t. I, chap. IV, p. 40.
(4) *Examen critique de la découverte du Nouveau-Monde*, t. I, p. 19.
(5) *Select Letters of Christopher Columbus*, London, 1870, p. XLII.
(6) *The Discovery of America*, Boston, 1892, t. I, p. 350.
(7) *Vita di Cristoforo Colombo*, Milano, 1885, t. I, chap. IV, p. 55.
(8) *Cristobal Colon*, Barcelona, 1888-1891, t. I, p. 46.
(9) *Quistioni Colombiane*, dans Raccolta, 2me partie, t. III, pp. 39-40.

D'autres, Harrisse (1), et après lui Gaffarel (2), Windsor (3), Markham (4), adoptent l'année 1473 ou 1474, parce qu'on ne constate plus la présence de Colomb en Italie. Spotorno se prononce pour l'année 1476, et il a bien fait, mais sans soupçonner les raisons qui pouvaient la recommander à l'attention des historiens (5).

Ces raisons se rencontrent chez les deux biographes attitrés de l'amiral, chez Fernand Colomb son fils, et chez Las Casas, son panégyriste. Leurs exposés, très circonstanciés, sont identiques à quelques détails près. Pour pouvoir en apprécier la valeur, il semble de bonne et saine critique de les placer en regard du récit de deux actions navales, qui se sont déroulées, à hauteur du Cap Saint-Vincent, le 13 août 1476 et le 21 août 1485.

RÉCIT DE F. COLOMB (6)	BATAILLE NAVALE DU *13 août 1476* (7)	ACTION NAVALE DU *21 août 1485* (8)
D'après Fernand Colomb, son père navigua pendant de longues années avec l'amiral Colombo-le-Jeune. Grâce à cette circonstance, il prit part, à une date qui n'est pas donnée, entre Lisbonne et le Cap	Guillaume de Cazenove, dit Coullon, se trouvant à Lagos, découvrit, le 13 août 1476, à la hauteur du Cap Sainte-Marie ou mieux du Cap Saint-Vincent, quatre nefs génoises et une grosse hourque fla-	Dans la soirée du 20 août 1485, à la hauteur du Cap Saint-Vincent, la flotte de Georges-le-Grec, à son retour d'Angleterre, rencontra quatre galéasses vénitiennes, qui se rendaient en Flandre. Bien

(1) *Christophe Colomb*, t. I, p. 264.
(2) *Histoire de la découverte de l'Amérique*, t. II, p. 20.
(3) *Christopher Columbus*, Boston, 1891, p. 104.
(4) *Life of Christopher Columbus*, London, 1892, p. 12.
(5) Vignaud, *Études critiques sur la vie de Colomb*, p. 342.
(6) *Historie...*, chap. V, ff. 10ro-11ro ; — Cf. Vignaud, *Études critiques sur la vie de Colomb*, pp. 344-345.
(7) Vignaud, *Ibidem*, pp. 156-161 ; — Salvagnini, *C. Colombo e i Corsari Colombo*, Raccolta Colombiana, IIe partie, t. III (d'après les archives de Milan et de Gênes), pp. 140-147.
(8) Vignaud, *Ibidem*, pp. 180-185 ; 346-352. Notamment d'après un récit de Marcus Antonius Sabellicus, annaliste vénitien, dans *Rerum Venetarum ab urbe condita* libri XXXIII, Venise, 1497, f°.

Saint-Vincent, à un victorieux mais sanglant combat, qui dura toute une journée, et fut livré par le capitaine corsaire français à quatre gros^ses galères vénitiennes, à leur retour de Flandre.

Le vaisseau, que montait Christophe, et le bâtiment auquel il était accroché par des grappins et des chaînes de fer, prirent feu sous l'action d'engins incendiaires. L'équipage dut se sauver à la nage.

Excellent nageur Christophe Colomb put atteindre, non sans difficulté, la côte distante, d'après les versions, de une ou de deux lieues.

mande qui venaient, chargées, du détroit de Gibraltar. Quoique les nefs naviguassent sous un sauf-conduit du roi de France, Coullon, pour une cause ignorée, les attaqua. Le combat, désastreux pour les deux partis, dura dix heures. Un incendie, probablement imputable à l'explosion d'un baril de poudre, mit fin à l'action. « Il semble que le vaisseau amiral et la galère de Nicola Spinola, qui étaient attachés ensemble par des grappins, en furent le foyer principal. Coullon et Spinola réussirent à quitter leur bord... »

Pendant la conflagration, qui coûta quatre vaisseaux à Coullon, et trois à ses adversaires, « deux des navires génois, celui de Gofredo Spinola et celui de Antonio di Negro, réussirent à s'échapper, et allèrent chercher un refuge à Cadix. Les Génois des autres navires tâchèrent de se sauver à la nage et nombre d'entr'eux furent recueillis par des barques venues de Lagos pour assister au combat ».

que Louis XI et son successeur Charles VIII ne fussent pas en guerre avec la Seigneurie de Venise, les corsaires et hommes de mer français n'hésitaient pas à s'en prendre aux Vénitiens, parce qu'ils prêtaient « plus ou moins ouvertement leur concours à René II de Lorraine, qui disputait la Provence à la France ». Le 21 août, à la pointe du jour, Coullon attaqua les galéasses.

« L'une d'elles fut prise à l'abordage ; les trois autres se rendirent.

» Les morts furent jetés à la mer, les blessés déposés à terre, et les navires capturés, ainsi que les survivants des équipages, furent conduits à Lisbonne, où l'on donna la liberté à ces derniers, mais dépourvus de tout et à peine vêtus, dit Sanuto.

» ... Le roi de Portugal... recueillit avec bonté les Vénitiens... ; il leur fit donner des vêtements, des médicaments, de l'argent et interdit la vente, dans son royaume, de tout ce qu'on leur avait pris».

Si l'on compare le récit de Fernand Colomb avec les deux autres, on est amené à faire diverses constatations.

La première partie : *attaque victorieuse de Colomb-le-Jeune contre quatre vaisseaux vénitiens* rappelle

l'action navale du 21 août 1485, dont l'annaliste Sabellicus donne la plus ancienne version.

Si Fernand Colomb ne date pas son récit, ce qui permet de le placer en 1476 aussi bien qu'en 1485, en revanche, il témoigne que son père quitta le Portugal en 1484 ! Christophe Colomb n'a donc pas assisté à la rencontre navale de 1485, ni servi à cette occasion sous les ordres de Colombo-le-Jeune, avec lequel d'ailleurs, nous l'avons déjà dit, il lui a été impossible de naviguer pendant de longues années.

Comment faut-il interpréter dès lors l'exposé de Fernand Colomb ? L'a-t-il inventé pour mettre en vedette la prétendue parenté de son père avec les Coullon, et montrer de quelle gloire il s'est couvert dès le début de sa carrière ?

Ou a-t-il confondu, avec le combat naval rapporté par Sabellicus, une autre action à laquelle Christophe Colomb a pu prendre ou a pris réellement part ?

Cette dernière hypothèse seule, d'après les trois récits que nous venons de détailler, semble vraie et « exonère ... le fils de Colomb non pas seulement de toute intention frauduleuse, mais même de toute erreur » (1).

La seconde partie de l'exposé de Fernand Colomb : *incendie des vaisseaux et salut de l'équipage dû à la nage*, est un résumé de plusieurs passages donnant les dernières phases de la bataille du 13 août 1476. Dès lors la conclusion ne s'impose-t-elle pas que Fernand Colomb a mal interprété les récits plus ou moins confus, voire même la pensée et la parole de son père, à l'actif duquel il n'a jamais voulu mettre une lutte fratricide contre ses compatriotes des galéasses génoises, et qu'il aurait dû substituer à la première partie de son récit, la partie équivalente de celui du combat naval du 13 août 1476, tel que nous l'avons reproduit ?

(1) Vignaud, *Études critiques sur la vie de Colomb*, p. 349.

Si nous sommes parvenus à rectifier logiquement le récit de Fernand Colomb, nous devons cependant faire ressortir, de façon particulière, qu'on ne rencontre que chez lui, un détail de très grande importance, *la présence de son père au combat du 13 août 1476*. De qui ou d'où tenait-il cette particularité intéressante ? Ce ne peut guère être que de Colomb lui-même.

Ce témoignage nous ayant induits plusieurs fois en erreur, est-il prudent de s'y fier pour les circonstances actuelles ? Peut-être bien, car nous ne voyons pas les motifs qui pourraient avoir déterminé Christophe Colomb à « dissimuler la vérité sur l'époque de son arrivée en Portugal » ; en tous cas ce motif, s'il a existé, n'apparaît pas.

Ce point étant établi, demandons-nous si l'amiral a réellement assisté à l'action navale de 1476, et s'il a abordé au Portugal en cette année, et à la suite de cette rencontre tragique.

Pour Sophus Ruge, la réponse doit être négative (1) ; il suppose que l'amiral était déjà dans ce pays en 1476, et que c'est par pure vantardise qu'il a signalé dans ses papiers sa participation à la bataille du Cap Saint-Vincent.

A vrai dire, aucun document, même parmi ceux récemment découverts, ne vient infirmer la façon de voir du sagace critique allemand. Mais que de présomptions sont défavorables à sa thèse !

Toute trace authentique de la présence de Colomb en Italie disparaît, dès la fin d'août 1473 ; le fait est incontestable. Mais ne semble-t-il pas établi (2) qu'il fit un voyage, si pas un séjour, à Chio, en 1474 ou 1475, et n'est-il pas légitime de présumer que Colomb prit place à bord d'un des navires appartenant à Gio-

(1) *Colombus*, p. 52.
(2) Cf. *supra*, p. 533.

vanni-Antonio di Negro et à Nicola Spinola, et qu'il ne pouvait donc pas séjourner déjà au Portugal ?

Les galères de ces mêmes navigateurs, et celle de Gofredo Spinola ont formé en août 1476 les éléments de la flotte commerciale, qui appareilla de Gênes et de Savone, avec le concours de la Seigneurie de Gênes. N'est-il pas légitime aussi de conclure que Colomb se trouvait là, et que c'est alors seulement qu'il foula du pied pour la première fois le sol de la péninsule ibérique ? Nous sommes d'autant plus porté à le croire que Colomb semble s'être rendu en Angleterre, on le verra bientôt, avec les Spinola et les di Negro, au moins dès le commencement de l'année 1477 ; que c'est avec eux qu'il rentra au Portugal, où ils s'établirent, et que c'est de Lisbonne que l'amiral a été envoyé, en 1478, à l'île Madère, par Paolo di Negro, le frère de Antonio di Negro, pour y faire un achat de sucre (1), enfin que dans un codicille olographe daté du 25 août 1505, au testament de Colomb de 1502 aujourd'hui perdu (2), figurent parmi les légataires Paolo di Negro, que la République de Gênes envoya au secours des navires génois, et Battista Spinola, fils de Nicolas.

Ce dernier fait implique des liens d'amitié entre Colomb et des membres des familles Spinola et di Negro. On admettait généralement que cette amitié avait été contractée à Lisbonne, et que Colomb avait couché ses intimes sur son testament, pour reconnaître des obligations d'un caractère commercial. Sans renoncer à cette version, on peut se rallier, semble-t-il, à l'opinion que les Spinola et les di Negro lui prêtèrent aide et assistance, lorsqu'il se rendit avec eux à Chio,

(1) Ugo Assereto, *loc. cit.*, p. 12.

(2) Vignaud, *Études critiques sur la vie de Colomb*, pp, 330, note 74 et 360, note 127.

et se trouva à leurs côtés, dans la lutte qu'ils soutinrent contre le corsaire français, Guillaume de Cazenove.

Fernand Colomb, dont nous n'avons pas de raisons de suspecter le récit ni les intentions, déclare que son père se sauva à la nage, lors de la rencontre navale du Cap Saint-Vincent de 1476 (1). Il peut aussi avoir été recueilli par « les barques portugaises qui, de la côte de Lagos, avaient assisté à ce long combat » (2).

Le point où Colomb aborda n'étant pas très éloigné de Lisbonne, qu'habitaient, à sa connaissance, bon nombre de Génois, il s'y rendit le plus tôt possible. Ils l'accueillirent avec affabilité et courtoisie et l'aidèrent à s'y fixer. Il ne tarda pas à prendre du crédit et à mettre ses affaires sur un pied convenable (3).

D'après M. Vignaud (4), l'amiral peut s'être rendu dans la capitale portugaise « en gagnant par exemple, le navire de Goffredo Spinola ou celui de Antonio di Negro, qui échappèrent au désastre de Saint-Vincent et se réfugièrent à Cadix, d'où ils repartirent pour leur destination originelle et s'arrêtèrent à Lisbonne, où l'on constate leur présence à la date du 12 décembre 1476. »

« Comme la destination des navires génois était l'Angleterre, ainsi que nous l'apprend Palavicini, il est à croire que les navires de Goffredo Spinola et de di Negro ne séjournèrent pas longtemps à Lisbonne, et qu'ils reprirent leur voyage »,interrompu par l'attaque de Coullon. On perd ici de vue ces deux Génois, qui s'établirent ultérieurement, mais à une époque indéterminée, au Portugal (5).

(1) Est-ce miraculeusement qu'il a été sauvé, ou est-ce miraculeusement qu'il a échoué en Espagne ? Nous pensons que cette dernière version seule est à retenir. Cf. Vignaud. *Ibidem*, p. 362.

(2) Vignaud. *Ibidem*, p. 362, note 132.

(3) Vignaud. *Ibidem*, p. 364, note 137.

(4) Vignaud. *Ibidem*, p. 363 ; — Salvagnini, *loc. cit.*, Documenti, p. 211, n° 69.

(5) Vignaud, *Ibidem*, p. 363.

Pendant quelques mois aussi, on ignore ce que devint Colomb. Resta-t-il à Lisbonne, ou en Portugal, comme nous l'avons indiqué, ou accompagna-t-il en Angleterre ses compatriotes et amis ?

Ce dernier fait paraît vraisemblable. D'après les propres indications de Christophe Colomb, il se rendit en Angleterre qui est sur la route du Nord (1). Au cours de son séjour, qui ne se prolongea guère, car il était encore à Lisbonne en décembre 1476, l'amiral visita Galway, en Irlande, où il vit des naufragés originaires de Cathay (2) ; puis en février 1477, donc en plein hiver, il navigua, en partant d'un port, impossible à déterminer, mais qui n'est peut-être que Bristol, jusqu'à cent lieues, soit jusqu'au 78° lat. N environ, au delà de l'île de Tile, où il aborda. Elle est aussi grande que l'Angleterre, et trafique avec Bristol notamment.

La pointe Sud de l'île se trouve à 73 degrés de l'équateur, et sa longitude à l'ouest du méridien qui limite l'occident chez Ptolémée, ce qui doit signifier son premier méridien, passant par les îles Canaries (3).

D'une façon générale, Colomb déclare que l'océan septentrional n'est pas pris par les glaces, ni impropre à la navigation (4), mais à une journée de Tile, les eaux sont congelées (5). A l'époque du passage de

(1) Que dize por yr al camino de septentrión que es Inglaterra. *Diario* [Journal de Bord], 21 décembre 1492. Navarrete, *Viajes,* t. I, p. 101 ; — Raccolta Colombiana, 1re partie, t. I, p. 71.

(2) [N]os vidimus multa notabilia, et [spe]cialiter in Galvei Ibernie virum et [uxo]rem in duobus lignis areptis ex mirabili [pers]ona. *Postille alla Historia rerum ubique gestarum di Pio II.* n° 10 (livre conservé à la Colombine, à Séville). Raccolta, *Scritti*, t. II, p. 292.

(3) Note sur les cinq zones habitables. Cf. Vignaud. *Ibidem*, pp. 374-376.

(4) Apud *(ou ad)* oceanum septtentrionalem non est gelatum neque innavigabile.

(5) Raccolta Colombiana, 1re partie, t. III, *Autografi di Colombo*, série B, n° 10. Il est utile de signaler que ce même détail : « A une journée de navigation au delà de Thile,... la mer est congelée », se rencontre dans Adami, *Gesta Hammaburgensis,* 1876, p. 187.

Christophe Colomb, de grosses marées s'élevaient, deux fois par jour, à certains endroits de cette île, jusqu'à une hauteur de 25 ou de 26 brasses (1) !

Avec quelle île ou quelle terre faut-il identifier la Tile de Colomb ?

Sans se préoccuper des erreurs de longitude et de latitude commises par l'amiral, parce qu'il était incapable de faire le moindre calcul exact, la plupart des critiques admettent que c'est l'Islande qui est visée par Colomb, l'Islande, la seule grande île de la région, la Thulé d'Ératosthène, l'*Ultima Thule* des anciens. Cette dernière n'est-elle pas l'île *Jean Mayen*, située à cent lieues de l'Islande ?

Les divers détails que nous venons d'emprunter à Christophe Colomb ne prouvent pas qu'il s'aventura dans les mers arctiques. Aussi les critiques émettent-ils des doutes au sujet de ce voyage. Ils ne savent pas admettre une telle exploration au cours de l'hiver, et les marées de vingt-cinq ou de vingt-six brasses, qu'il aurait pu fort aisément mesurer s'il avait abordé à Tile, leur mettent le sourire aux lèvres. Quel aurait d'ailleurs pu être l'objet d'une telle navigation ? Des observations climatologiques ou nautiques ? Une enquête sur les anciennes découvertes des Scandinaves ? La recherche par le Nord-Est de la route aux côtes du Cathay ? Des entreprises de pêche ou de commerce ?

Nous sommes en 1477 ! Colomb, âgé de 26 ans, avait à peine effleuré l'onde marine !

Une fois de plus l'ambitieux et vantard Génois nous a induits en erreur. « Son expédition de Thulé n'est pas plus vraie que les campagnes qu'il aurait faites pour le roi René, que les croisières pendant lesquelles il aurait accompagné ces deux Colomb qui étaient

(1) Note sur les cinq zones habitables. Cf. Vignaud, *Études critiques sur la vie de Colomb*, p. 375.

« de son nom et de sa famille », et que les longues courses maritimes qui l'auraient conduit dans toutes les mers jusqu'aux extrémités du monde. Chercher l'influence que ces prétendues navigations ont pu avoir sur la formation du dessein qu'il mit à exécution, ce n'est pas seulement se livrer à une recherche chimérique, c'est aussi être la dupe d'une supercherie qui paraît avoir eu précisément pour but de faire croire à la lente préparation de ce dessein (1). »

(La fin prochainement). FERN. VAN ORTROY.

(1) Vignaud. *Études critiques sur la vie de Colomb*, p. 420.

LA PARTHÉNOGÉNÈSE

M. Yves Delage vient de faire le relevé de nos connaissances sur la parthénogénèse naturelle et expérimentale (1). Personne n'était plus autorisé que lui à entreprendre cette tâche et, difficilement, elle eût été mieux remplie.

Une excursion biologique dans ce domaine, en compagnie d'un tel guide, nous a paru pleine d'intérêt et de profit. Ce sera l'objet de cet article. Chemin faisant cependant, il nous arrivera de nous arrêter à quelques points de vue d'où les faits et les théories nous apparaîtront sous un angle différent de celui sous lequel le savant naturaliste les a envisagés.

I

LA PARTHÉNOGÉNÈSE NATURELLE

I. *Aperçu historique, extension, signification biologique*

L'étymologie donne le sens général et suffisamment approché du mot *parthénogénèse* : reproduction virginale, génération sans fécondation. Ce terme créé par Owen, en 1849, pour désigner la reproduction

(1) Y. Delage et M. Goldsmith. *La Parthénogénèse naturelle et expérimentale*. Paris, Flammarion, 1913.

asexuelle dans la génération alternante, fut appliqué en 1856 par Siebold à la reproduction ovipare sans fécondation. Aujourd'hui on entend par parthénogénèse une déviation de la fécondation normale dans laquelle un gamète (1), mâle ou femelle, effectue seul le développement embryonnaire, sans s'être fusionné à un gamète de l'autre sexe.

Il est de tradition, et M. Delage n'y a pas manqué, de faire remonter à Aristote l'honneur d'avoir le premier signalé la naissance parthénogénétique des mâles chez les abeilles. Le philosophe n'y voyait évidemment aucune objection de principe, puisqu'il admettait que certains insectes se reproduisent sans accouplement, ou peuvent même provenir de matières en putréfaction (2).

Pour le cas particulier des abeilles, voici l'opinion du Stagyrite. Après avoir écarté les différentes hypothèses apportées pour expliquer l'origine du couvain et des trois sortes d'individus qui s'y trouvent, il déclare qu'il n'y a pas de mâles chez les abeilles. Les reines s'engendrent elles-mêmes; elles engendrent les ouvrières; celles-ci à leur tour donnent naissance aux bourdons qui sont stériles (3).

(1) On appelle gamètes les cellules sexuelles normalement destinées à se fusionner dans la fécondation ou la conjugaison. Si les gamètes sont des cellules semblables (chez beaucoup d'algues vertes, par exemple), la fusion se nomme isogamie ; lorsque les gamètes sont dissemblables, on parle d'hétérogamie. Quand les deux gamètes sont mobiles l'un et l'autre et ne diffèrent que par la taille, on les distingue par les appellations de macrogamètes et microgamètes. Dans les cas où le macrogamète est immobile, la fécondation s'appelle ovogamie (Métazoaires et toutes les plantes supérieures), le gamète femelle étant l'œuf pour les animaux, l'oosphère pour les végétaux et le gamète mâle s'appelant spermatozoïde ou spermie dans le règne animal et anthérozoïde dans le règne végétal, lorsque le gamète est mobile. Les cellules homologues des anthérozoïdes sont désignées sous le nom de cellules génératives ou spermatiques chez les phanérogames.

(2) Pour l'exposé historique de la parthénogénèse nous faisons de nombreux emprunts à Henneguy (*Les Insectes*, 1904). Nous lui devons aussi la division de la parthénogénèse naturelle et de nombreux exemples de reproduction agame chez les insectes.

(3) *De generatione animalium*, I, 16.

Si donc Aristote conclut à la parthénogénèse, c'est en partant d'une erreur de fait : l'absence de mâles ; et il n'arrive à déduire la production agame des bourdons qu'en intercalant une seconde inexactitude, la fécondité normale des ouvrières. Mais ce grand observateur de la nature se rend lui-même fort bien compte de l'incertitude de la solution qu'il propose, car il ajoute : « Voilà ce que le raisonnement et les faits observés sur les abeilles nous apprennent de leur génération. Mais on n'a pas encore assez bien observé les faits et, quand on les aura tous recueillis, il vaudra toujours mieux se rapporter à l'observation qu'au raisonnement ; on ne devra ajouter foi aux théories que si elles sont d'accord avec les faits observés. »

Obéissant à un avis si sage, voyons d'abord les faits établis sur la parthénogénèse ; nous pourrons ainsi nous appuyer sur une base solide dans la critique des hypothèses explicatives.

Il fallut attendre longtemps la découverte des premiers cas indiscutables de génération solitaire. En 1667, Goedart, ayant élevé une chenille d'*Orgyia gonostigma* obtint une femelle qui, sans accouplement, donna des œufs féconds. Blanchard et Hannemann, en 1696, observèrent la reproduction asexuée chez l'araignée, mais ils conclurent à l'hermaphrodisme. Bonnet, en 1745, isola un puceron dès sa naissance ; celui-ci se reproduisit sans fécondation et, pendant plusieurs générations, aucun mâle n'apparut dans sa descendance.

Malgré ces faits bien établis, beaucoup de savants du XVIIIe siècle hésitaient à admettre la possibilité de la génération sans fécondation. Réaumur répondait à Constant de Castellet, qui lui écrivait avoir vu des œufs non fécondés de ver à soie se développer : *Ex nihilo*

(1) *De generatione animalium*, III. 10. Henneguy, *op. cit.*, p. 7.

nihil fit. Il était réservé aux travaux de Dzierzon, curé de Karlsmarkt en Silésie, et à ceux de Siebold et de Leuckart, sur les abeilles, d'établir sans conteste la parthénogénèse chez les insectes. Ils prouvèrent en outre que les œufs non fécondés donnaient toujours des mâles.

Depuis lors, la parthénogénèse, tout en restant un mode de reproduction relativement rare, a été observée à presque tous les étages du règne animal et du règne végétal.

Nous ne parlerons pas des Protozoaires, car la distinction entre spores, gamètes et individus est, dans cet embranchement, souvent fort sujette à caution, comme d'ailleurs chez tous les organismes unicellulaires.

Chez les Rotifères (surtout les Philodinides), les Annélides et les Crustacés inférieurs (Copépodes, Phyllopodes, Ostracodes), la préférence pour la reproduction agame va parfois jusqu'à la disparition des mâles. La parthénogénèse est rare chez les Myriapodes et les Arachnides, mais il est très peu d'ordres d'insectes qui n'ait quelques familles, ou du moins quelques espèces parthénogénétiques.

Par contre, on n'a rencontré aucun exemple de parthénogénèse naturelle chez les Mollusques, les Echinodermes, les Tuniciers et les Vertébrés, sauf certaines segmentations irrégulières de l'œuf, qui n'aboutissent à aucun développement embryonnaire proprement dit.

Dans le règne végétal, la reproduction parthénogénétique est fréquente chez les Phanérogames, plus rare chez les Ptéridophytes et les Bryophytes ; elle est extrêmement répandue chez tous les Thallophytes.

La parthénogénèse se rencontre donc dans les groupes les plus divers et les modalités sous lesquelles elle se manifeste sont des plus variées. Pour introduire un peu d'ordre dans l'exposé des principaux modes de

la parthénogénèse naturelle, admettons les divisions suivantes établies par Geddes et Thompson et quelque peu modifiées par Henneguy.

1. Parthénogénèse exceptionnelle.
2. Parthénogénèse normale.
   Parthénogénèse exclusive ou thélytokie.
   Parthénogénèse cyclique irrégulière.
   Parthénogénèse cyclique régulière.
   Arrhénotokie.
3. Parthénogénèse larvaire.

Parthénogénèse exceptionnelle. Dans des espèces où la fécondation est de règle, quelques femelles pondent parfois des œufs qui se développent sans qu'ils aient été fécondés. Ce mode de parthénogénèse a surtout été observé chez les Lépidoptères ; plus rarement chez les Coléoptères et les Hyménoptères. Il a aussi été signalé chez quelques Arachnides.

Parthénogénèse normale constante. Il existe un certain nombre d'animaux chez qui les mâles sont encore *inconnus*. S'il est vrai qu'ils *n'existent* pas, il faut bien que les femelles se reproduisent indéfiniment sans fécondation. C'est ce que Siebold appela la Thélytokie (1).

On signale comme rentrant dans cette catégorie certaines espèces de Tenthrèdes (Hyménoptères), des Annelides, des Rotifères, des Crustacés ostracodes. Pour le *Cypris reptans* (Ostracode), on a observé la génération parthogénétique exclusive pendant dix-huit ans.

Mais à mesure que les espèces dites thélytoques sont mieux étudiées, on voit leur nombre diminuer, car on y découvre des mâles. C'est ainsi qu'on a dû rayer de la liste le *Chermes abietis* et le *Leucanium Hesperi-*

(1) Θηλυτοκία. Accouchement d'un enfant de sexe féminin.

dum. Pour donner une idée de la difficulté qu'il y a parfois à découvrir ceux-ci, rappelons que dans cette dernière espèce les mâles sont presque microscopiques et vivent en parasites dans les gaines ovariques (Moniez 1887). On n'est plus certain aujourd'hui que la thélitokie vraie se rencontre chez les métazoaires, mais il serait téméraire d'affirmer qu'elle ne puisse pas y exister.

Pour le règne végétal (1) Lotsy a signalé que chez les *Bahanophora*, spécialement le *B. globulosa*, aucun pied mâle n'est connu. Il existe en outre de nombreuses plantes où la parthénogénèse doit être constante, vu l'avortement normal du pollen.

Depuis que Juel (1900) a signalé le fait pour l'*Antennaria alpina*, les exemples deviennent de plus en plus nombreux.

On cite des espèces exclusivement parthénogénétiques dans les genres *Alchimilla, Thalictrum, Taraxacum, Hieracium*, etc., ainsi que la Fougère, *Marsilia Drummondii*.

Parthénogénèse cyclique irrégulière. Dans cette catégorie se rangent les animaux dont les mâles, très rares, n'apparaissent parfois qu'après un certain nombre de générations asexuées.

Tel est le cas des *Psyche* (Lépidoptères) et de plusieurs Phasmides. Pantel (98) affirme que sur mille Leptynia hispanica, on trouve difficilement un mâle.

(1) La parthénogénèse végétale a été exposée d'une façon complète, par Winkler en 1908 (*Parthenogenesis und Apogamie im Pflanzenreiche*. Iena). La bibliographie postérieure à l'apparition de ce volume peut se trouver dans le nouvel HANDWÖRTERBUCH DER NATURWISSENSCHAFTEN, en cours de publication chez Fischer, à l'article *Fortpflanzung der Gewächse*, dont la section *Apogamie und Parthenogenesis* a été rédigée par Winkler lui-même. IV Band. p. 276. Un chercheur patient peut aussi découvrir de nombreux et précieux détails dans les trois volumes parus des *Vorträge über botanische Stammesgeschichte* de Lotsy. Fischer 1907, 1911 et chez Oltmans, *Morphologie und Biologie der Algen*. Fischer 1904.

Élevés en cage, ces phasmes s'étaient reproduits parthénogénétiquement pendant une dizaine d'années, lorsqu'un mâle, d'ailleurs difforme, sortit en 1908 d'un œuf incontestablement non fécondé.

Les cas nombreux de parthénogénèse observés chez les algues peuvent peut-être servir de transition entre ce mode de parthénogénèse cyclique irrégulière et la thélytokie en ce sens que beaucoup d'espèces, quoique pouvant avoir des gamètes, semblent cependant aptes à se passer complètement de génération sexuée, lorsque les circonstances de milieu sont suffisamment favorables. La sexualité ne serait donc pas pour elles une exigence absolue de l'espèce, mais seulement une nécessité conditionnelle.

C'est certainement le cas de beaucoup d'algues vertes inférieures, en majorité isogames dont les gamètes se fusionnent ou se développent sans fécondation selon la température, l'éclairement, la concentration et la composition du milieu nutritif (*Ulothrix Draparnaldia Chlamydamonas*, *Ectocarpus*, etc.) (Klebs 1896). Probablement aussi les agents extérieurs doivent être la cause de la parthénogénèse de *Chara crinata*. Malgré toutes les recherches, on n'a jamais pu découvrir un pied mâle de cette espèce dans l'Europe septentrionale, tandis qu'on en rencontre dans le Midi, en des stations d'ailleurs très circonscrites. Il faut donc conclure que *Chara crinata* est constamment parthénogénétique dans le nord et peut être fécondée dans les pays méridionaux.

Parthénogénèse cyclique régulière ou saisonnière. Ce mode de reproduction est caractérisé par la succession régulière des générations sexuées et des générations parthénogénétiques, soit qu'elles alternent, soit qu'elles se présentent à époques fixes. Il s'accompagne généralement d'un dimorphisme sexuel qui peut être hétérogonique, c'est-à-dire que les femelles sexuées

sont différentes des femelles parthénogénétiques. Les cas les mieux connus nous sont fournis par trois femelles d'insectes, les Cynipides, les Aphides et les Phylloxérides. Voici par exemple le cycle évolutif du Phylloxera quercus, tel que l'a établi Balbiani.

Le Phylloxera printanier, ou *mère fondatrice*, petit insecte brunâtre, aptère, long de 1^{mm}. Cette famille provient des œufs d'hiver; elle pond des œufs qui se développent en insectes *agames aptères* peu différents de la femelle fondatrice, et qui se multiplient sans fécondation pendant toute la belle saison. A l'automne naissent des *femelles ailées* qui émigrent sur d'autres chênes. Elles pondent des œufs de deux grandeurs différentes : des petits œufs sortent des *mâles*, des grands sortent des *femelles*. Ces individus sexués s'accouplent et produisent les œufs d'hiver, capables de résister à la mauvaise saison.

Il y a donc génération parthénogénétique pendant toute la belle saison et fécondation à l'automne.

Parthénogénèse normale ne produisant que des mâles ou *arrhénotokie* (1) (Siebold). Ce mode de reproduction paraît spécial aux Hyménoptères porte-aiguillon. Les faits, hors de conteste aujourd'hui, sur la reproduction de l'abeille domestique sont les suivants : Les œufs fraîchement pondus dans les alvéoles à faux-bourdons ont toujours été trouvés exempts des permatozoïdes. Si la reine ne s'accouple pas, elle ne produit que des mâles ; dans le croisement des diverses races d'abeilles, les mâles ont toujours les caractères de la race maternelle. Dans les cas exceptionnels où les ouvrières peuvent pondre, leurs œufs produisent toujours des mâles ; or la conformation de leurs organes rend impossible l'accouplement.

(1) ἀρρενοτοκία, Accouchement d'un enfant du sexe masculin.

Il est donc certain que des œufs non fécondés produisent des mâles et extrêmement probable qu'il en est ainsi de tous les œufs non fécondés, tandis que tous les œufs fécondés donnent des femelles (1). Cette parthénogénèse arrhénotoque a été constatée chez d'autres Hyménoptères sociaux : Bourdons, Guêpes, Fourmis ; et quelques Hyménoptères porte-aiguillon solitaires.

Parthénogénèse larvaire. C'est une des formes de la paedogénèse, ou reproduction d'un individu non encore parvenu au terme de son évolution ontogénétique. En 1863, Wagner a montré que certaines larves de Cécydomyies (*Miastor metraloas*) ont des œufs véritables qui produisent directement d'autres larves. Peut-être pourrait-on considérer comme paedogénétique la ponte des œufs d'été des Pucerons et des Phylloxera, en appelant *imago* la seule forme ailée, et *larves* les femelles non ailées. Mais il n'y a là qu'une question d'intérêt plutôt lexigraphique que scientifique.

On se rend aisément compte de la signification biologique de la parthénogénèse, c'est-à-dire de l'utilité qu'elle présente pour l'espèce. Elle rend en effet la reproduction et la multiplication de l'individu indépendantes de maints facteurs extérieurs qui diminuent souvent les possibilités de la fécondation. C'est ainsi que les plantes (2) dont la pollinisation requiert l'intervention des insectes (plantes entomophiles) recouvrent par la parthénogénèse un degré de liberté qui ne peut que leur être favorable ; et que les plantes dioïques peuvent produire leurs semences en l'absence de tout

(1) Nous nous contentons de cette conclusion minima, ne pouvant entrer dans le détail de l'exposé de la théorie dite de Dzierzon et des critiques qui en ont été faites.

(2) Cfr. Winckler, dans le *Handwörterbuch der Naturwissenschaften*, Bd IVe, p. 275.

pied mâle. Pour les Thallophytes, chez qui la sexualité n'est généralement pas fixée avec les caractères de régularité et de nécessité qui se trouvent chez les Cormophytes, la parthénogénèse ne paraît avoir d'autre avantage que d'ajouter un mode nouveau de reproduction agame à ceux que possèdent déjà les Algues et les Champignons.

Les plantes semblent sacrifier sans grand dommage les avantages de la fécondation, à ceux que leur procure la parthénogénèse. Elle est donc tout à fait gratuite l'hypothèse de Lignier (1) d'après laquelle le Bennetites Morieri serait devenu parthénogénétique et, à cause de cela, aurait disparu bientôt après. Mais dans le règne animal la reproduction sexuée paraît presque toujours nécessaire à la conservation de l'espèce dont la vitalité semble s'appauvrir par la génération agame. C'est la conclusion que tirait encore récemment Whitney (2) de ses expériences sur *Hydatina senta* (Rotifère). La parthénogénèse peut s'y continuer pendant des centaines de générations, mais elle a pour résultat l'affaiblissement graduel de la race et enfin son extinction.

Il n'en est pas moins vrai que la parthénogénèse est un mode de reproduction éminemment favorable à la multiplication rapide des individus. Lorsque la race parthénogénétique tend à s'épuiser, ou lorsque les conditions de milieu deviennent défavorables, la fécondation vient normalement obvier aux dangers que court l'espèce : c'est le cas de la parthénogénèse cyclique, régulière ou irrégulière. Quant à la parthénogénèse facultative arrhénotoque qui favorise la reproduction des mâles, elle pourvoit l'espèce d'individus nécessaires à son maintien.

(1) D. Lignier. Le Bennetites Morieri se reproduisait probablement par parthénogénèse. BULL. DE LA SOC. BOT. DE FRANCE, t. 58, p. 224, 1911.

(2) Whitney « *Weak parthenogenetic races of Hydatina senta subjected to a varied environment* ». BIOL. BULL., vol. 23, pp. 321-330.

Après cette rapide revue des principales modalités sous lesquelles se présente la parthénogénèse naturelle, tâchons de nous rendre compte des phénomènes intimes qui accompagnent ce mode spécial de reproduction.

La parthénogénèse se manifeste comme une déviation de la fécondation normale : son caractère essentiel ne peut être saisi que par la comparaison avec le processus type dont elle s'est écartée. D'autre part, elle est, sous certains rapports, une simplification dans la reproduction sexuée, et à ce titre, elle est de nature à apporter des lumières nouvelles pour l'étude de ce problème, nœud gordien de la biologie. Nous sommes donc amené à exposer ici quelques données cytologiques sur les cellules reproductrices et sur les principaux phénomènes de la fécondation normale. Nous serons bref d'ailleurs, ne visant pas à être complet, mais seulement à établir les éléments nécessaires à la comparaison des deux reproductions sexuée et parthénogénétique.

II. *Les phénomènes cytologiques de la fécondation normale*

L'œuf des animaux possède, comme toute cellule, membranes, cytoplasme et noyau.

Les membranes, qui ont surtout un rôle protecteur à remplir, sont simples ou multiples, plus ou moins complexes, plus ou moins résistantes selon que les œufs doivent être exposés comme chez les ovipares, ou demeurer protégés comme c'est le cas pour les vivipares. Il y a en premier lieu la membrane cellulaire proprement dite, nommée aussi membrane vitelline ; elle est généralement très mince et fait rarement défaut. Les cellules folliculaires en se détruisant, peuvent aussi produire une enveloppe secondaire beaucoup plus résistante : le chorion. C'est lui, par exemple, qui

constitue le test chitineux des œufs des insectes. Si la membrane vitelline ou le chorion existent avant la fécondation, ils laissent un pertuis ou micropyle par où le spermatozoïde peut s'introduire. En plus du chorion, ou à son défaut, l'œuf peut être enveloppé de membranes tertiaires de différente nature. Telle est par exemple la gangue gélatineuse qui enveloppe les œufs des grenouilles et des limaces, on encore l'albumine et l'écaille des œufs des oiseaux.

Le protoplasme est généralement chargé de matières de réserve (plaquettes vitellines). Le cytoplasme réellement actif, souvent de dimension très restreinte, s'appelle vitellus formateur, en opposition avec la partie nutritive ou deutoplasme.

Le noyau était connu des anciens embryologistes sous le nom de *vesicula germinativa*. Le mot est demeuré et s'applique au noyau de l'œuf non fécondé jusqu'au début des phénomènes de maturation. La vésicule germinative est très grande pendant tout l'accroissement de l'ovocyte. Elle contient soit un grand, soit de nombreux petits nucléoles et en outre un réseau ordinairement difficile à mettre en évidence par les colorants chromatiques. Dans ce réseau on peut souvent distinguer des portions plus colorables qui représentent les chromosomes encore très vacuolisés. Lorsque l'œuf a terminé son plein accroissement, surviennent les phénomènes dits de maturation qui sont la préparation immédiate à la fécondation. La vésicule germinative, qui jusque-là avait occupé une position plutôt centrale, se rapproche de la périphérie, elle diminue de volume et bientôt se produit une première karyokinèse qui divise l'œuf en deux cellules très inégales : l'œuf proprement dit et un globule polaire, ou polocyte qui est expulsé et finit par se résorber. Une seconde division rejette bientôt après un second globule polaire.

Pendant la prophase de la première cinèse (1), les filaments nucléaires qui représentent les chromosomes somatiques s'accolent deux par deux pour fournir à la diacinèse des formations doubles, les *gemini* qui représentent deux chromosomes soudés. Aussi la première anaphase ne sépare pas deux moitiés longitudinales de chromosomes comme c'est le cas dans toutes les cinèses somatiques. mais elle répartit entre chaque pôle la moitié de chromosomes contenus dans le noyau. C'est donc avec raison qu'elle est appelée réductionnelle, parce qu'elle réduit de moitié les formations chromosomiques dans les noyaux-filles. La seconde division maturative s'accomplit selon le type ordinaire des divisions cellulaires, avec la seule différence qu'elle opère sur un nombre moitié moindre de chromosomes. Elle est appelée équationnelle, par opposition à la cinèse réductionnelle (2).

Après ces deux karyokinèses, le noyau de l'œuf est mûr pour la fécondation et porte le nom de pronucleus femelle ou maternel.

Le *spermatozoïde* ou cellule reproductrice mâle est l'homologue de l'œuf mûr. Il provient en effet de la différenciation de cellules qui comme celui-ci n'ont plus que la moitié du nombre normal des chromosomes.

(1) On trouvera l'exposé complet du problème de la réduction dans le mémoire magistral de V. Grégoire. *Les cinèses de maturation dans les deux règnes. L'unité essentielle du processus meiotique.* La Cellule, t. XXVI, 2d fascicule, 1910. Sur ce point comme sur les autres de notre aperçu cytologique, nous ne pouvons entrer dans les détails et nous omettons systématiquement tout ce qui ne nous sera pas nécessaire pour l'exposé des phénomènes de parthénogénèse naturelle ou artificielle. C'est aussi le désir d'être clair et bref qui nous a fait décrire d'abord le processus entier de la maturation avant la fécondation, bien qu'il soit plus fréquent de voir les cinèses réductrices de l'œuf concomitantes ou postérieures à l'entrée du spermatozoïde.

(2) On appelle haploïdique le nombre réduit de chromosomes que possèdent les cellules génératives et on le désigne par $\frac{n}{2}$ en désignant par n le nombre diploïdique normal, constant dans les cellules somatiques.

Mais tandis que l'œuf avec son protoplasme abondant, riche en enclaves nourricières, est essentiellement stable, le spermatozoïde ne contient guère que de la substance nucléaire et il est doué de motilité. Sa forme varie selon les différents groupes zoologiques. Dans les cas les plus complets, il possède une tête qui représente le noyau ; au sommet de celle-ci une pièce apicale, à la base, une portion protoplasmique, ou pièce intermédiaire, qui relie la tête à la queue. Celle-ci consiste en un filament mince servant d'axe à une membrane protoplasmique ondulante.

Il n'y a que trois manières possibles d'expliquer l'importance relative des deux éléments sexuels dans la fécondation : les deux premières consistent à attribuer un rôle exclusif à l'un des deux gamètes; dans la troisième, on considère l'œuf fécondé comme la résultante ou l'effet de la coopération de deux causes équipotentielles. Chacune de ces opinions a été défendue.

Les *spermatistes* considéraient l'élément mâle comme seul essentiel, l'élément femelle n'étant que la terre fertile où la graine doit germer (1).

Les *ovistes* prétendaient que l'œuf suffit à lui seul pour assurer le développement embryonnaire et qu'il n'a besoin que d'une excitation, d'une mise en branle de la part de l'élément mâle.

Les *syngénistes* croyaient au contraire les deux éléments également essentiels.

La question débattue de toute antiquité, n'offrit prise à discussion sérieuse que lorsque d'une part les travaux de Harvey (2), Sténon (3), De Graaf (4) eurent fait connaître la vraie nature de l'ovaire et démontré

(1) Cf. déjà Eschyle. οὔκ ἔστι μήτηρ κεκλημένου τέκνου τοκεύς, τροφὸς δὲ κύματος νεοσπόρου. τίκτει δ' ὁ θρωσκῶν. Euménides, 658-660.

(2) Harvey. *Exercitationes de generatione animalium*, 1651.

(3) Sténon. *Element. myolograe specimen*, 1669.

(4) De Graaf. *De mulierum organis*, 1677.

l'existence des œufs chez les femelles vivipares, et que d'autre part, Leuwenhoeck (1) eut découvert les spermatozoïdes. On dut encore, après ces découvertes morphologiques, attendre plus d'un siècle et demi des observations directes sur la physiologie de la fécondation; ce n'est en effet qu'en 1856 que Pringsheim (2) vit, chez l'*Oedogonium* l'anthérozoïdemolèle entrer en contact avec la substance protoplasmique de l'œuf, puis y pénétrer et se fondre avec elle en se dissolvant. Thuret et Bornet (3) prouvèrent aussi la fécondation chez les Fucacées et les Floridées. Mais ces botanistes n'avaient observé que le côté extérieur du phénomène : la réunion des gamètes ; on ignorait encore comment se comportaient les noyaux. Hertwig en 1875 réussit le premier à suivre les détails intimes du processus de fusion des deux gamètes en prenant comme matériel d'étude, les œufs transparents d'Oursins. Les travaux subséquents de Hertwig et ceux de Fol, Strasburger, Boveri, Van Beneden et d'autres cytologistes, ont mis aujourd'hui en parfaite lumière le processus intime de la fécondation. Ils ont montré que chacun des deux gamètes jouait un rôle également essentiel dans la fécondation normale. Les expériences de mérogonie que nous aurons à signaler plus tard, devaient donner une preuve physiologique de cette équivalence déjà démontrée morphologiquement. Les biologistes d'aujourd'hui sont donc *syngénistes ;* et il n'est plus question parmi eux de la prééminence de l'un ou de l'autre des éléments sexuels.

Voici comment ils décrivent les phases principales

(1) A. Van Leeuwenhoeck. *Arcana naturae detecta ope microscopiorum*, 1695.

(2) J. von Sachs, *Histoire de la Botanique*, trad. de Varigny, Paris, 1892, p. 457.

(3) Cfr. M. L. Guignard. *Notice sur la vie et les travaux de M. Edouard Bornet*. C. R. DE L'A. DES SC., 19 février 1912, p. 460.

de la fécondation. Le spermatozoïde mobile s'achemine vers l'œuf. Il pénètre par le micropyle ou par un endroit quelconque de la périphérie si la membrane vitelline n'existe pas ; dans ce second cas, celle-ci se forme immédiatement après l'entrée du premier spermatozoïde et elle empêche ainsi la polyspermie. La queue reste à l'extérieur de l'œuf, tandis que la tête s'avance à la rencontre du noyau maternel. Bientôt la spermie accomplit une rotation sur elle-même ; elle abandonne son acrosome et, pendant que la pièce intermédiaire fournit les deux centrosomes, la tête se gonfle, isole ses chromosomes et se transforme en un noyau d'apparence ordinaire : le pronucleus mâle. Les deux pronuclei se rapprochent et peuvent se fusionner pour former le noyau de segmentation. En tous cas, une cinèse intervient bientôt, les chromosomes paternels et maternels se scindent longitudinalement, s'insèrent au fuseau de manière qu'à l'anaphase chaque pôle reçoive une moitié longitudinale de chaque chromosome. Par conséquent, le noyau ainsi produit possède un nombre de chromosomes diploïdique, d'origine paternelle pour une moitié et maternelle pour l'autre.

La fécondation commencée lors de la pénétration du spermatozoïde dans l'œuf est accomplie par la fusion des deux nuclei et leur collaboration au premier fuseau. Cette collaboration des chromosomes et la répartition des chromatines paternelle et maternelle qui s'ensuit ont été dénommées par Weissmann, *amphimixie* en opposition avec les modes de reproduction par *apomixie*, dans lesquels cette fusion intime des substances nucléaires ne se produit pas.

Considérée d'un point de vue tout à fait externe, la reproduction sexuée chez les Métazoaires, consiste donc typiquement dans la fusion des deux cellules reproductrices nucléées et dans leur amphimixie, de telle façon que chaque gamète fournissant le nombre haploï-

dique des chromosomes, se trouve rétabli dans le zygote le nombre diploïdique constant dans les cellules somatiques de l'espèce. Le mot de fécondation n'inclut plus aujourd'hui, comme ce fut jadis souvent le cas, le sens d'influx de direction, d'actuation ou de vivification exercée sur l'œuf, ni même la réunion de deux tendances héréditaires. Dépouillé de tout revêtement théorique et hypothétique, il rappelle seulement le processus des phénomènes qui préparent, acheminent l'un vers l'autre et finissent par fusionner en une unité nouvelle les deux gamètes.

Les phénomènes de la maturation et de la fécondation des végétaux peuvent assez facilement se ramener au type décrit pour le règne animal. La principale différence se trouve dans le processus de réduction. Tandis que dans le règne animal la réduction chromosomique est une des phases immédiatement préparatoires à la fécondation, il en va tout autrement dans le règne végétal.

La réduction produit quatre cellules non gamétiques ou tétraspores. Ces spores donnent naissance à une plante nouvelle, le gamétophyte. Celui-ci représente la phase haploïde et produit les gamètes sans aucun phénomène de réduction, puisqu'il ne possède lui-même que $\frac{n}{2}$ chromosomes. Le gamétophyte du *Dictyota* (algue brune) ressemble au sporophyte. Mais à partir des Bryophytes, le gamétophyte entre en régression : c'est la plante proprement dite des mousses et le prothalle des fougères, tandis que pour les Phanérogames le gamétophyte se réduit à quelques cellules dont il est inutile d'expliquer l'homologation. Le sporophyte au contraire prend une importance inversement proportionnelle à la régression du gamétophyte. C'est ainsi que l'urne des Mousses est homologue à la plante proprement dite des Fougères et des Phanérogames.

Pour les Thallophytes autres que les Fucacées, la question de la réduction chromosomique est loin d'être résolue. Mais des observations récentes prouvent qu'elle n'est pas insoluble. La réduction qui ne s'est pas faite pour la préparation des gamètes, s'accomplit souvent lors de la formation des spores aux dépens du zygote. C'est le phénomène de post-réduction. On le trouve chez le *Coleochaete* et l'*Oedogenium*, ainsi que dans beaucoup de Conjuguées ; il est très fréquent chez tous les unicellulaires (Zygnémacées, Desmidiacées etc.)

S'il est assez aisé de décrire des faits, il l'est beaucoup moins de les interpréter. Notre tâche ne consiste d'ailleurs pas à justifier une théorie de la réduction ou de la fécondation : contentons-nous des données indiscutables.

Il est certain que la réduction chromosomique est en rapport avec la fécondation, puisqu'on la retrouve dans tous les organismes possédant un noyau à chromosomes.

Il est certain aussi que la fécondation consiste principalement dans la fusion des éléments chromatiques. Il est probable que ces éléments sont des porteurs des caractères héréditaires — quelle que soit d'ailleurs l'idée que l'on se fasse de leur rôle de support. — Il est probable aussi que le gamète mâle est la cause d'une espèce de rajeunissement dû à l'apport de matériaux évolutifs nouveaux dans la constitution du zygote, et par celui-ci, dans tout l'organisme qui résulte de son développement ontogénétique.

Le fait de la post-réduction — comme aussi de l'expulsion des globules polaires qui est souvent déterminée par l'entrée de la spermie dans l'œuf — semble indiquer que la réduction numérique est en quelque sorte une régulation (préventive, concomitante ou consécutive) destinée à obvier au trouble apporté par la fécondation ; ou plutôt ce sont deux phases corrélatives d'un

même phénomène ; une manifestation spéciale de la dépendance harmonique dans laquelle sont les uns envers les autres tous les processus vitaux.

Ceux qui ne veulent voir dans les chromosomes que des formations temporaires s'expliquent la réduction chromosomique comme ayant pour but de réaliser la réduction quantitative de la chromatine. Mais, indépendamment de toute vue théorique, les résultats de l'observation directe ne sont guère favorables à cette opinion et la majorité des cytologistes tient certainement aujourd'hui pour la persistance individuelle des chromosomes. Dans cette théorie, il est clair que l'un des buts de la réduction est d'empêcher leur redoublement répété qui résulterait de chaque fécondation nouvelle — et par le fait même, elle fait obstacle aussi à l'accroissement illimité des dimensions nucléaires et cellulaires.

Elle empêche ainsi que la fécondation entraîne pour l'organisme soit l'acquisition de dimensions exagérées, soit l'abolition de la structure cellulaire par l'établissement d'une vaste structure symplastique (1).

Quelle que soit d'ailleurs l'explication adoptée, les phénomènes de maturation et de fécondation s'imposent comme un des processus vitaux dont la téléologie est la plus indéniable, tant l'adaptation au but — qui est la formation d'un zygote — est évidente et parfaite, encore que l'on ne se rende pas toujours bien compte de la raison d'être de chacun des détails observés.

III. *Les phénomènes cytologiques dans la parthénogénèse*

Si, dans la génération sexuée, la réduction a comme effet d'empêcher la multiplication des chromosomes et de maintenir constant le nombre somatique de l'espèce

(1) V. Grégoire, *op. cit.*, p. 382.

considérée, elle aurait un résultat diamétralement opposé dans les cas de parthénogénèse. L'individu provenant d'œuf haploïde et chez qui la réduction s'opérerait encore, donnerait des cellules sexuelles ne possédant plus que $\frac{n}{4}$ chromosomes. Le même processus se répétant aurait bientôt fait de priver complètement le noyau de toute sa chromatine. En fait, on n'a jamais observé d'espèce animale ou végétale chez qui les éléments chromatiques fussent réduits à un nombre plus petit que le nombre haploïdique. Il faut donc que les espèces parthénogénétiques obvient à la répétition de la réduction sans compensation.

Les observations sur le nombre des chromosomes des espèces parthénogénétiques ne portent encore que sur un petit nombre de cas ; elles suffisent cependant pour que l'on puisse se rendre compte des modes principaux selon lesquels la répétition de la réduction est entravée.

Deux types principaux sont à distinguer : ou bien l'œuf fournit seulement $\frac{n}{2}$ chromosomes et produit des individus dont les cellules ne possèdent que le nombre haploïdique ; ou bien l'œuf possède lui-même le nombre diploïdique à sa maturité, et n'a dès lors pas besoin de fécondation pour produire un organisme normal. Winkler a appelé *somatique* ce second genre de parthénogénèse en opposition au premier, désigné sous le nom de *parthénogénèse générative*.

Dans le règne animal la *parthénogénèse générative* ne se rencontre que dans les espèces où la reproduction agame est *facultative*, c'est-à-dire dont les œufs pourraient être fécondés et évoluer normalement ; ces œufs ont donc subi les phénomènes de maturation. Mais si le nombre des chromosomes est haploïdique chez le mâle, la spermatogénèse ne le réduira-t-elle pas de moitié ? Meves croit pouvoir affirmer qu'il n'intervient aucune

réduction dans la formation des spermatozoïdes. Ceux-ci se formeraient donc comme se forment les antherozoïdes aux dépens d'un gamélophyte haploïde. C'est le cas des œufs des Hyménoptères arrhénotoques : abeilles, guêpes, fourmis. Les mâles qui sortent toujours de ces œufs ne possèdent que le nombre haploïdique de chromosomes. C'est du moins la conclusion à laquelle sont arrivés Meves (1), Schleip (2), Lams (3) et qui semble devoir l'emporter sur l'opinion de Petrunkewitsch (4). Celui-ci estimait que les faux-bourdons possèdent le même nombre de chromosomes que les abeilles et qu'aucune réduction n'intervient dans les œufs qui doivent leur donner naissance.

Les œufs d'Échinodermes ou d'Amphiliens que l'on force à se développer dans les expériences de parthénogénèse expérimentale ont eux aussi effectué leur réduction avant que l'on puisse opérer sur eux la fécondation artificielle (5).

Delage (6) a constaté que lors des premières segmentations il y a, chez les embryons parthénogénétiques d'Échinodermes, moitié moins de chromosomes que

(1) Meves, *Ueber Richtungskörperbildung im Hoden von Hymenopteren*, Anat. Ant., Bd. 24, 1903 ; *Die Spermatocytenteilungen bei Honigbiene*, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 72, 1907.

(2) Schleip, *Die Richtungskörperbildung im Ei von Formica Sanguinea*, Zool. Jahrb., Bd. 26, 1908 (Anat. Abt.).

(3) Lams, *Les divisions des Spermatocytes chez la fourmi* (Camponotus herculaneus), Arch. f. Zellforsch, Bd. 1, 1908.

(4) Petrunkewitsch, *Die Richtungskörper und ihr Schicksal im befruchteten Bienenei*, Zool. Jahrb., Bd. 14, 1901 (Anat. Abt.), *Die Schicksal der Richtungskörper in Drohmenei*, Ibidem, Bd. 17, 1903.

(5) Nous jugeons préférable d'exposer en une fois la question de la réduction chromosomique pour éviter les redites, bien que logiquement la réduction dans les œufs d'Amphibiens et d'Échinodermes doive rentrer dans la seconde partie de cet article qui traitera de la parthénogénèse expérimentale.

(6) Nous pensons trouver la pensée définitive de Delage dans son livre sur la Parthénogénèse, nous ne renverrons donc pas à ses publications précédentes. On trouvera dans les C. R. de l'Ac. des Sc. de Paris une série de notes sur le nombre des chromosomes dans les cas de parthénogénèse artificielle : Bataillon, 8 avril 1910 ; Dehorne, 30 mai 1910 ; Henneguy, 3 avril 1911.

chez les embryons provenant d'œufs fécondés. Mais il croit que plus tard le nombre redevient normal par autorégulation. Dans les larves parthénogénétiques de grenouilles obtenues par Bataillon et par Fritz Levy (1), il n'y aurait non plus $\frac{n}{2}$ que chromosomes. Mais Henneguy aurait observé que dans les têtards de plusieurs millimètres, le nombre était redevenu normal ; donc il y aurait eu auto-régulation. Brachet (2) avait déjà supposé l'intervention de ce phénomène, car dans un têtard de 11 jours il constate que le nombre des chromosomes n'est certainement pas haploïdique.

Contrairement à ce que pense M. Delage, l'autorégulation n'a rien qui répugne à l'hypothèse de la persistance individuelle des chromosomes. Nous ne voyons pas en effet en quoi il est plus difficile d'admettre que des formations autonomes du noyau se scindent chacune en deux portions équivalentes sans cinèse proprement dite, que de croire que la masse chromatique totale se fractionne en un nombre de chromosomes exactement double du nombre haploïdique. Les conclusions de P. Della Valle d'après lesquelles le nombre des chromosomes serait variable, sont en effet certainement erronées. Mais comme ce doublement n'a jamais été l'objet d'observation directe, il serait vain de parler du mode selon lequel il peut s'opérer, d'autant plus que les faits qui font supposer son intervention ont été toujours contestés par le plus grand nombre des cyto-

(1) Cf., aussi Fritz Lévy, *Ueber kunstliche Entwicklungserregung bei Amphibien*, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 82, 2d Heft, 1913.

(2) Brachet, *Études sur les localisations germinales et leur potentialité réelle dans l'œuf parthénogénétique de lana fusca*, Ann. de Biol., 27, 1911, voir, Appendice, p. 362... *Nombre de chromosomes chez un têtard de onze jours*. Dehorne s'est certainement trompé dans la numération des chromosomes de la grenouille, car il est incroyable qu'il soit le seul à avoir observé que 6 est le nombre haploïdique et 12 le nombre diploïdique alors que tous les autres auteurs signalent 12 et 24. Une régulation telle que Brachet la signale semble aussi tout à fait impossible.

logistes et leur existence est extrêmement improbable. Mais *adhuc sub judice lis est.*

La parthénogénèse générative est très rare dans le règne végétal ; il n'y a que les algues qui en fournissent quelques exemples et spécialement *Chara crinata.* On constate que, dans la formation de ses oospores, aucune cinèse réductrice n'intervient ; c'est une suppression analogue à celle que nous avons signalée dans la spermatogénèse du faux-bourdon.

On voit donc que dans les deux règnes les organismes semblent se refuser à une diminution trop considérable de leur substance chromatique, mais que certaines espèces peuvent cependant se contenter du nombre haploïdique des chromosomes. Cette réduction est liée, chez les Hyménoptères porte-aiguillon à l'apparition du sexe mâle. Est-ce un fait général dans le règne animal ? La parthénogénèse expérimentale a produit trop peu d'individus adultes pour pouvoir donner une réponse définitive. Il est cependant curieux de noter que les deux seuls oursins parthénogénétiques dont on a pu vérifier le sexe étaient des mâles (Delage, 1909) (1).

La parthénogénèse somatique est de loin plus fré-

(1) On tend aujourd'hui à considérer les éléments chromatiques comme jouant un rôle prédominant dans la détermination du sexe. Cette manière de voir semble indiscutable dans le cas des Hyménoptères porte-aiguillon. Les données cytologiques fournissent encore des renseignements objectifs dans les espèces où, comme chez l'Aphis Saliceti, le nombre des chromosomes est différent chez le mâle et chez la femelle, ou bien encore lorsque l'un des deux sexes possède un ou plusieurs chromosomes différents de ceux de l'autre sexe. Ce ne serait cependant pas par leur nombre, d'après les mendelistes, que les chromosomes joueraient ce rôle de déterminants du sexe, mais par leurs propriétés non contrebalancées de porteurs de caractères héréditaires récessifs. Il est probable qu'il n'y a pas de théorie qui puisse enserrer tous les cas. Cfr. Bateson, *Mendels principles of heredity.* Cambridge 1909, A. Thomson : *What determines sex ?* SCIENTIA, I-V. 1912, p. 350, et surtout Schleip. *Geschlechts bestimmende Ursachen im Tierreich.* ERGEBN. UND FORTSCHR. DER ZOOL., Bd. 3, 1912.

quente que la parthénogénèse générative. Elle soulève aussi certains problèmes cytologiques assez délicats à résoudre.

Plusieurs auteurs ont décrit un processus de maturation normale compensée par la fusion d'un globule polaire avec pronucleus femelle. Ce mode de régulation a été signalé par Brauer (1) et Petrunkewitsch (2) pour l'*Artemia Salina* (Crustacé branchyopode). Mais il est à croire avec Artom Cesare (3) que ces observateurs se sont trouvés en présence de cas pathologiques, car ni lui ni Fries n'ont pu retrouver cette fusion si extraordinaire. Il en est probablement de même des observations de Rückert sur le *Cyclops strenuus* et de Petrunkewitsch sur les œufs de l'abeille qui ont été toutes deux démenties et s'écartent trop des phénomènes connus avec certitude pour être admises sans preuves irréfutables.

Sans entrer dans de plus amples détails nous pouvons admettre avec Schleip (4) et Fritz Lévy que, jusqu'à maintenant, il n'y a dans le règne animal aucun exemple démontré de multiplication des chromosomes après la réduction réellement opérée, ni de fusion ou compensation quelconque au moyen des corps de direction. Winkler rend le même témoignage pour le règne végétal.

Comment donc s'accomplit la parthénogénèse soma-

(1) Brauer. *Zur Kenntnis der Reifung der parthenogenetisch sich entwickelnden Eier von Artemia salina.* Arch. f. mikr. Anat. Bd. 43, 1894.

(2) Petrunkewitsch. *Die Reifung der parthenogenetischen Eier von Artemia salina.* Zool. Anz. 1902.

(3) Artom Cesare. *Analisi comparativa della sostanza cromatica nelle mitosi de maturazione e nelle prime milosi dell' Artemia sessuata di Caghiari (univalens) e dell' ovo dell' Artemia partegenotica di Capodistria (Bivalens).* Archiv. f. Zellforsch, t. VII, 1912, (pp. 277-295).

(4) Schleip W. *Die Reifung des Eies von Rhodites rosae to und einige Bemerkungen über die Chromosomen bei parthenogenetischen Fortpflanzung.* Zool. Anz. XXXV, 1909. Fritz Levy, op. cit. Winkler, op. cit.

tique ? Weisman (1) a signalé depuis longtemps que dans l'ovogénèse du *Daphnis* un seul globule polaire est expulsé. La suppression du second polocyte a été depuis reconnue très fréquente dans la reproduction agame. M. Y. Delage veut trouver dans ce fait l'explication de la non réduction dans la parthénogénèse somatique.

Cette solution ne peut nous satisfaire. Elle ne s'applique pas, en effet, aux cas assez fréquents où deux cinèses de maturation semblent s'accomplir et forment deux polocytes. Ce phénomène se présente chez les Tonthrèdes, les Cynipides, les Chalcides, certains Phasmides et des Rotifères. M. Y. Delage croit que dans tous ces cas, il y a réduction réelle compensée plus tard par autorégulation, lorsqu'elle n'est pas liée à l'arrhénotokie. Il semble au contraire que chaque fois que l'on n'a pas affaire à la parthénogénèse facultative, le nombre des chromosomes reste somatique dans l'œuf, aussi bien que dans l'individu qui en provient (2). De plus, la première cinèse étant seule réductionnelle, il ne peut y avoir de différence essentielle entre œufs parthénogénétiques par le fait de l'émission d'un ou de deux globules polaires. La réduction devant s'opérer, en effet, lors de la première cinèse, la seconde ne peut que conserver le nombre

(1) Weisman. *Beiträge zur Kenntnis der ersten Entwicklungsvorgänge im Insektenei (Beiträge zur Anatomie und Embryologie).* Bonn, 1882.

(2) L'observation de Schleip (1909, *op. cit.*), d'après laquelle le nombre de chromosomes normal dans les premières segmentations de l'œuf parthénogénétique se réduirait ensuite de moitié, n'a pas été confirmée ; elle pourrait aussi s'expliquer par une pseudo réduction, hypothèse que l'auteur semble adopter d'ailleurs. Pour la question du nombre de chromosomes dans la parthénogénèse obligatoire nous devons citer encore. Schleip. *Vergleichende Untersuchung der Eireifung bei parthenogene Aischen und geschlechtisch sich fortpflanzenden Ostracoden.* Arch. f. Zellforsch. Bd. II, 1908, travail confirmé pour les points qui nous intéressent par le récent mémoire de Kurt Müller-Calé. *Ueber Entwicklung von Cypris incongruens.* Zool. Jahrb. 1913. (Abt. f. Anat. und Embryol.).

des chromosomes contenus dans le noyau de l'ovocyte de premier ordre.

L'explication du maintien du nombre diploïdique de chromosomes, doit se trouver dans l'étude de la prophase de la première cinèse maturative. C'est ainsi que Fries a constaté dans l'*Artemia*, la suppression du stade synaptique. Ce processus est à rapprocher des observations faites sur les cas d'apogamie et de parthénogénèse somatique dans le règne végétal où l'on trouve tous les intermédiaires entre la suppression totale de l'étape synaptique, comme dans le Wilkstroemia (Strasburger 1909), jusqu'au maintien du synapsis et la formation des gemini et du nombre haploïdique, mais où la restauration du nombre diploïdique des chromosomes est accomplie dès la diacinèse par l'individuation de chaque branche des gemini (1).

En adoptant cette manière de voir, on trouve une série naturelle, d'après le degré d'adoptation plus ou moins étroite de l'espèce à la reproduction parthénogénétique. La déviation la moins éloignée de la maturation normale se trouve chez les espèces où la réduction s'accomplit réellement, on passe de là à celles où elle s'ébauche plus ou moins, pour aboutir au degré d'adaptation la plus parfaite représenté par les espèces qui ne rappellent plus autrement les phénomènes de réduction que par l'émission inutile d'un globule polaire.

Quelles sont les causes de la parthénogénèse naturelle ? Cette question supposerait, pour être résolue dans toute son ampleur, que l'on indique d'abord les causes de la reproduction en général, que ce soit par

(1) Cfr. Grég., *op. cit.*, p. 379. Notre exposé est la réproduction quelque peu abrégée et résumée des pages 379-384. La justice et la reconnaissance exigent d'ailleurs que nous nous proclamions redevable à M. le chanoine Grégoire d'un grand nombre de données cytologiques contenues dans cet article sans que nous ayons pu à chaque instant indiquer leur provenance.

gamète, par spores, ou de toute autre façon. Nous lui donnons une portée beaucoup plus restreinte et plus modeste en ne considérant la parthénogénèse que dans le sens où elle est une simplification et une déviation de la fécondation normale. Nous pourrions donc formuler notre question dans ces termes : Pourquoi certains œufs se développent-ils sans fécondation, alors que normalement les œufs vierges sont incapables d'évolution ultérieure ?

Certains auteurs répondent que c'est parce que souvent les œufs parthénogénétiques ont un nombre normal de chromosomes. L'insistance que nous avons apportée à rappeler le fait du maintien fréquent du nombre diploïdique semblerait indiquer que nous sommes enclin à défendre cette opinion. Elle contient peut-être une part de vérité, mais elle est loin d'être exhaustive. En effet, si cette réponse était satisfaisante pour rendre compte de la parthénogénèse somatique, il restera encore à expliquer tous les cas de parthénogénèse génétique. Mais l'objection principale à cette réponse est que le problème de savoir pourquoi le nombre de chromosomes ne se réduit pas de moitié, alors que la cellule ébauche les phénomènes réducteurs n'est pas plus facile à résoudre qu'il n'est aisé d'expliquer pourquoi l'œuf vierge est incapable de développement. Il semble que la conservation du nombre diploïdique des chromosomes soit, dans tous les cas où elle se manifeste, un effet d'autorégulation préventive, disons même une condition *sine qua non,* plutôt qu'une cause proprement dite de développement embryonnaire.

On a parfois insisté sur le fait que les plantes apogames et parthénogénétiques avaient fréquemment un nombre de chromosomes dépassant de plus du double, le nombre possédé par les plantes amphimictiques du même genre ou de la même famille. Mais de ce fait

non plus, il ne semble pas que l'on puisse rien déduire, parce qu'il n'est pas constant.

L'examen des facteurs agissant sur les gamètes n'est pas davantage capable d'apporter beaucoup de lumière sur les causes internes de la parthénogénèse. Car tout d'abord ces agents ne sont connus que dans le cas de la parthénogénèse facultative des Algues et des Protozoaires; nous ignorons complètement ceux qui agissent sur les œufs des animaux et des végétaux supérieurs.

En outre, les résultats obtenus par l'emploi de la lumière, de la chaleur, de milieux nutritifs différents et de divers agents physico-chimiques, ne sont pas assez probants pour permettre de préciser le rôle exact que jouent ces facteurs externes et de décider s'ils doivent s'appeler causes ou conditions. C'est là d'ailleurs une distinction toujours délicate à justifier en biologie. Certains auteurs se sont cependant crus autorisés à la faire, mais ils s'appuient sur l'interprétation de données toutes nouvelles fournies par la fécondation artificielle.

Nous examinerons ces données et les théories qu'elles étayent dans une seconde partie consacrée à l'étude de la parthénogénèse expérimentale. Cette méthode physiologique d'investigation des phénomènes intimes de la reproduction mérite d'être connue pour elle-même autant que pour les fruits qu'elle a déjà portés; peut-être en jaillira-t-il quelque lumière nouvelle sur la parthénogénèse naturelle.

(A suivre). R. Devisé, S. J.

VARIÉTÉS

I

LA NOTATION ALGÉBRIQUE EN CHINE AU XIIIe SIÈCLE

Avec *Tchou Che-Kié* (1), l'Algèbre chinoise atteint, au XIIIe siècle, son ère la plus brillante.

Le principal ouvrage de ce grand mathématicien, *Le précieux Miroir des quatre Éléments*, nous a été intégralement conservé. Il a été imprimé, d'après les copies que gardaient et se transmettaient, d'âge en âge, les familles de lettrés. Malheureusement, le sens de certaines méthodes employées est complètement perdu, et perdu depuis longtemps. Au XVIIe siècle, les missionnaires mathématiciens cherchèrent en vain à en retrouver le fil conducteur.

Nous avons l'intention de publier ailleurs une traduction complète et annotée du traité chinois : elle s'adressera surtout aux sinologues et aux historiens des mathématiques ; mais nous avons pensé qu'un public de lecteurs plus étendu trouverait quelque intérêt à l'exposé succinct de la notation algébrique, très ingénieuse et très originale, qui avait cours en Chine dans les écoles de lettrés dès le XIIIe siècle. Ce sera le but de cet article.

Tout n'y est pas inédit ; mais notre exposé et les exemples qui l'éclairent, auront le mérite d'être empruntés exclusivement au

(1) Cantor écrit *Tschu Schi Kih* ; c'est l'orthographe adoptée par le Dr Biernatzki, de Berlin, dans son vaste article *Die Arithmetik der Chinesen* (JOURNAL DE CRELLE, 1856). Wylie (Notes, p. 94) avait figuré *Choo Ché-Kïé*. L'on trouve encore *Chu-Shih-Chich*.

Précieux Miroir du grand algébriste ; ils refléteront donc, sans mélange possible, la physionomie du langage mathématique en Chine, à cette époque reculée.

Chiffres et nombres. — La *numération écrite* des Chinois est, comme celle des Arabes et comme la nôtre aujourd'hui, une numération décimale ; elle emploie neuf chiffres et le zéro :

I	II	III	IIII	IIIII	$\overline{\text{I}}$	$\overline{\text{II}}$	$\overline{\text{III}}$	$\overline{\text{IIII}}$	O
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

chaque chiffre ayant une valeur propre et, dans l'écriture des nombres, une valeur de position ; ainsi, 261 s'écrit

$$\text{II}\overline{\text{I}}\text{I}$$

Quand la juxtaposition de deux chiffres peut amener une ambiguité, l'un deux s'écrit horizontalement ou renversé ; ainsi 123 se notera

$$\text{I} \;\overline{\overline{\text{I}}}\; \text{III}$$

Disons de suite, pour ne pas avoir à y revenir en parlant des expressions algébriques, qu'un nombre à ajouter s'écrit d'après les conventions précédentes, sans l'adjonction d'aucun signe; une barre transversale tracée sur le dernier chiffre à droite, indique que le nombre est à soustraire. Ainsi

$$+ \text{ et } \text{I} \;\overline{\overline{\text{I}}}\; \overline{+} \text{ signifient } -1 \text{ et } -136.$$

Pour simplifier la composition typographique de cet article, nous substituerons aux chiffres chinois, dans les exemples qui suivront, leurs équivalents arabes, et nous ferons usage des signes + et —.

La *numération parlée* diffère légèrement de la nôtre dans l'énoncé des grands nombres : les Chinois ont d'autres unités principales. Ils divisent les nombres en tranches de *quatre chiffres*, au lieu de les diviser en tranches de trois. Nous rencontrons donc chez eux :

Les unités	*i*,
Les dizaines	*che*,
Les centaines	*pe*,
Les milliers	*tsien*,
Les dix-milliers	*wan*.

Ainsi 1.0000 se lit *i wan*, un dix-milliers ; 100.0000, *pé wan*, cent dix-milliers ; 1.0000.0000, *wan wan*, dix-milliers de dix-milliers, etc.; 2246.7410 se lira donc 2246 dix-milliers 7410.

Passons aux notations algébriques.

Désignation des inconnues. — Tchou Che-Kié n'emploie jamais plus de quatre inconnues et se sert de quatre caractères pour les *désigner*. Ce sont :

T'ien	*Ciel*	天
Ti	*Terre*	地
Jen	*Homme*	人
Ou	*Chose*	物

J'ai dit pour *désigner* les inconnues, et non pour les *écrire*. Ce qu'il y a, en effet, d'extrêmement remarquable dans sa notation, c'est que non seulement ces caractères ne figurent pas dans les expressions algébriques, mais que les inconnues n'y sont pas représentées par des symboles. Les inconnues n'ont les dénominations spéciales indiquées que dans la préparation de la mise en équation du problème. Tchou-Che-Kié dira, par exemple, à propos d'un problème relatif au triangle rectangle :

« Prenons l'élément *Ciel* pour représenter la base (le plus petit côté) du triangle rectangle ; prenons l'élément *Terre* pour figurer la hauteur ; employons l'élément *Homme* pour symboliser l'hypoténuse ; et soit l'élément *Chose* pour indiquer la quantité à trouver. »

Principe de la notation des inconnues. — Dans notre système de numération écrite, nous utilisons la position relative des chiffres sur une ligne horizontale pour enrichir leur signification intrinsèque d'une modalité nouvelle : le rang du chiffre indique, d'après la convention connue, l'ordre des unités qu'il représente. A part l'adjonction aux nombres d'*indices* inférieurs et supérieurs, et l'usage des *exposants*, nous n'avons jamais songé en Occident à utiliser, en vue de significations supplémentaires, la position relative des chiffres ou des nombres suivant des lignes *verticales* ou *obliques*. L'habitude de l'écriture horizontale, peut-être aussi des considérations d'ordre typographique, nous ont sans doute tenu les yeux fermés sur cette extension

possible de la valeur de position des symboles numériques. Les Chinois, qui rangent en files verticales leurs symboles idéographiques, n'avaient pas les mêmes raisons de ne pas étendre, aux différentes directions du plan, cette précieuse valeur significative de position. Et c'est ce qui leur a permis, comme nous allons le voir, de construire des expressions algébriques où le rôle des différentes inconnues, quoique déjà compliqué, reste parfaitement distinct, sans pourtant qu'aucun symbole ne représente ces inconnues.

Fonction linéaire a quatre variables au plus. — Soit, par exemple, la fonction linéaire

$$3x - 21y + 2z + u - 21.$$

Au point de vue de la notation, nous pouvons distinguer dans cette expression : les variables ou les inconnues, leurs coefficients et le terme indépendant, avec leurs signes. Comme nous l'avons donné à entendre, les expressions algébriques vont se construire autour d'un centre dans toutes les directions du plan.

Le centre, la clef de voûte de l'expression, est marquée par le caractère 太 qui se lit *t'ai*. Ce symbole joue un rôle important dans les spéculations philosophiques : c'est le *grand* suprême, le *grand* sublime. Nous le représenterons par t, qui est la première lettre du son chinois *t'ai* et de l'expression « terme tout connu ». On l'écrit en l'entourant d'un petit carré $\boxed{t}$. Veut-on maintenant figurer la première inconnue, *t'ien*, ciel, soit une fois x, on place *sous* la case $\boxed{t}$ une case identique contenant le chiffre 1 ; ainsi

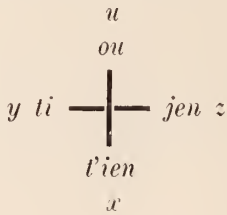
$$\begin{array}{|c|}\hline t \\ \hline 1 \\ \hline\end{array}$$

représente la première inconnue, x. De même, en plaçant la seconde case $\boxed{1}$, *à gauche* de la case $\boxed{t}$, ou *à droite*, ou *au-dessus*, on représentera une fois les inconnues *ti*, ou y, *jen*, ou z et *ou*, ou u. Le simple emboîtement de ces casiers, donnant le tableau

correspond à l'expression $x + y + z + u$.

Lorsque les confusions ne sont pas à craindre, Tchou Che-Kié fait volontiers l'économie des cadres de ces casiers ; il écrit simplement $\frac{t}{|}$, $| \; t$, ... et le tableau devient

Que le lecteur désireux de nous suivre plus loin veuille bien fixer dans son imagination le tableau qui va suivre. C'est le seul effort que nous demanderons à sa mémoire ; mais cette *rose des vents* est indispensable à qui veut s'orienter dans le labyrinthe des constructions algébriques chinoises.



Le coefficient d'une inconnue diffère-t-il de l'unité positive, il s'écrit avec son signe à la place du chiffre 1 de l'exemple précédent, dans la case ou la situation qui correspond à l'inconnue considérée.

Ainsi $\frac{t}{5}$ signifie $5x$, t —2 représente —$2z$ et $\frac{t}{5}\,{}^{-2}$ est l'équivalent de $5x - 2z$.

Quant au *terme tout connu*, il y a plusieurs manières de le figurer chez le mathématicien chinois ; mais la notation la plus claire et d'ailleurs la plus usitée consiste simplement à l'écrire dans la case centrale, à gauche du caractère *t'ai*. Si le terme indépendant est nul, on laisse le caractère tel qu'il est, sans lui adjoindre aucun coefficient numérique. Ainsi

	1	
−5	21*t*	2
	3	

représentera $3x - 5y + 2z + u + 21$.

Ces conventions permettent d'écrire toute fonction linéaire contenant quatre inconnues au plus. Si leur nombre est moindre, on laisse vide les cases attribuées aux inconnues qui ne figurent pas dans l'expression, ou on y inscrit des zéros.

Fonctions rationnelles et entières de degré supérieur. — Dans le *Précieux Miroir des Éléments* nous ne trouvons pas d'exemples permettant de formuler une règle pour représenter la fonction entière à 4 inconnues *complète* et de *degré quelconque*. Nous indiquerons donc simplement la notation de quelques termes particuliers du développement de cette fonction.

1° *Les puissances des inconnues.* — En prolongeant dans les quatre directions principales autour du *t'ai* central la série des cases, les Chinois eurent un moyen naturel et élégant de représenter les puissances entières successives de chacune des inconnues. La première case de la file indique la première puissance ; la seconde, le carré ; la troisième, le cube, etc. Quand une puissance manque dans une expression, on l'indique par un zéro. On aura par exemple :

t							4
1		−2	0	0	*t*		0
1							2
1							*t*
$x + x^2 + x^3$				$-2y^3$			$4u^2 + 2u$.

2° *Les produits des inconnues.* — Ici la notation de Tchou Che-Kié se restreint notablement : elle atteint les produits des inconnues seulement *deux à deux*, et il n'y a que trois inconnues sur quatre qui peuvent servir à former ces produits : ce sont *t'ien, ti* et *jen*. On verra plus loin la raison de ces restrictions. Nous devons distinguer deux cas : les inconnues à multiplier sont situées sur deux côtés *adjacents* de la case centrale, par exemple *t'ien* et *ti* ; ou bien sur deux côtés *opposés*, comme *ti* et *jen*.

On devine que l'algébriste chinois va faire usage de l'espace laissé libre sur le papier par les quatre files de cases principales pour y loger les produits. Les chiffres prendront une valeur de position suivant les diagonales. Supposons donc le quadrillage formé dans tout le plan autour de la case centrale, et considérons la partie du plan située en-dessous de la file des *ti* et des *jen*.

Premier cas. — Produit des *t'ien* et des *ti*. Pour exprimer un terme formé par le produit d'une puissance de *t'ien* par une puissance de *ti*, on écrit son coefficient dans la case du quadrillage qui correspond à la fois aux deux puissances considérées. C'est l'application du principe de la table à double entrée : le produit a pour coordonnées dans le quadrillage les deux facteurs qui le composent. Les produits des *t'ien* et des *jen* sont notés d'une manière semblable. Les produits qui manquent sont figurés par des zéros. On lira donc le tableau suivant:

0	1	t	0	-2
2	0	-11	-1	0
0	3	0	0	0
1	0	1	-21	0

$$-11x + x^3 + y + 3x^2y + 2xy^2 + x^3y^2 - xz - 21x^3z - 2z^2$$

D'après ces conventions, Tchou Che-Kié écrit

0	4	t	4
-1	0	2	1
0	0	-1	0

0	1111	t	1111
+	0	11	1
0	0	+	0

$$2x - x^2 + 4y + 4z - xy^2 + xz.$$

0	$294t$
8	3
0	-4

$$294 + 3x - 4x^2 + 8xy$$

$-686t$
-7
4

$$4x^2 - 7x - 686$$

Deuxième cas. — Produit des *ti* et des *jen*. Ici la notation

devient moins simple. Voici quelques exemples. Pour représenter les produits $2yz$ et $-2yz$, on écrit respectivement

$$\begin{array}{|c|c|}\hline 0 & t \\ \hline 0 & 0 \\ \hline \end{array}_{\,2}, \quad \text{et} \quad \begin{array}{|c|c|}\hline 0 & t \\ \hline 0 & 0 \\ \hline \end{array}_{\,-2}$$

Le coefficient à cheval entre trois cases et celle de t indique le produit de l'élément *à gauche* de t par l'élément *à droite*. On trouve dans Tchou Che-Kié

$$\begin{array}{|c|c|c|c|}\hline 0 & t & 0 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 1 & \\ \hline \end{array}_{\,-2} \quad \text{qui signifie } z^2 - 2yz + xz.$$

Nous ignorons si cette curieuse notation s'étendait à d'autres produits en y et z. Le *Précieux Miroir* n'en fournit aucun exemple. Seulement nous pouvons conjecturer à bon droit, semble-t-il, que les Chinois se servaient du même mode de notation pour des produits moins simples. Ainsi

$$\begin{array}{|c|c|c|}\hline 0 & 0 & t \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}_{\,2} \qquad \begin{array}{|c|c|c|}\hline 0 & 0 & t \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}_{\,2} \qquad \begin{array}{|c|c|c|}\hline 0 & 0 & t \\ \hline 0 & 0 & \\ \hline & & \\ \hline \end{array}_{\,4\;2\;3}$$

eussent représenté respectivement $2yz^2$; $2y^2z^2$; $4y^2z^2 + 2y^2z^3 + 3yz^3$.

En résumé, la notation quadrillée permettait aux Chinois d'écrire intégralement la fonction entière et rationnelle de degré quelconque *à deux inconnues ;* de représenter la fonction rationnelle et entière de degré quelconque *à trois inconnues*, sauf les termes contenant plus de deux inconnues ; enfin, parmi les termes de la fonction rationnelle et entière *à quatre inconnues*, les puissances des quatre inconnues et les produits ne contenant pas plus de deux des trois premières inconnues.

Nous n'irons pas, certes, jusqu'à préférer les notations assez encombrantes de Tchou Che-Kié, à celles dont nous nous servons, mais nous devons admirer cette figuration originale et intuitive des expressions algébriques, qui témoigne d'une grande ingéniosité.

Expressions fractionnaires. — Le lecteur s'est sans doute demandé pourquoi les Chinois ont exclu de leur notation les produits en uy et en uz ; ou encore pourquoi ils ont réservé, dans le champ quadrillé qui entoure le *t'ai*, toute la portion supérieure où ces produits eussent trouvé leur place naturelle? C'est qu'il fallait ménager la possibilité d'écrire certains *rapports* des inconnues.

Ici, les exemples de Tchou Che-Kié portent uniquement sur l'inverse de x, $\frac{1}{x}$, et sur les quotients $\frac{y}{x}$, $\frac{y^2}{x}$ et $\frac{z}{x}$. Ils sont notés comme suit :

$$\begin{array}{|c|}\hline 1 \\ \hline t \\ \hline\end{array} \qquad \begin{array}{|c|c|}\hline 1 & 0 \\ \hline 0 & t \\ \hline\end{array} \qquad \begin{array}{|c|c|c|}\hline -2 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & t \\ \hline\end{array} \qquad \begin{array}{|c|c|}\hline 0 & 1 \\ \hline t & 0 \\ \hline\end{array}$$

On trouve aussi les combinaisons suivantes :

$$\begin{array}{|c|c|c|}\hline 4 & 0 & 4 \\ \hline & 2t & \\ \hline\end{array} \quad \text{ou} \quad 2 + \frac{4y}{x} + \frac{4z}{x},$$

$$\begin{array}{|c|c|}\hline -1 & 0 \\ \hline & 1t \\ \hline & 1 \\ \hline\end{array} \quad \text{ou} \quad x + 1 - \frac{y}{x}.$$

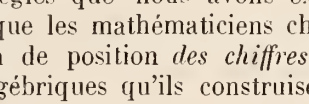
$$\begin{array}{|c|c|c|}\hline -2 & 0 & \\ \hline -1 & 2 & t \\ \hline 0 & 2 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 \\ \hline\end{array} \quad \text{ou} \quad x^2 + 2xy + 2y - y^2 - \frac{2y^2}{x}$$

Sans que nous puissions regarder la chose comme prouvée, il est permis de conjecturer que d'autres quotients encore étaient représentés d'une manière analogue. On écrivait probablement $\frac{y^2}{x^2}$ et $\frac{y^2}{x^3}$ de cette façon

$$\begin{array}{|c|c|c|}\hline 1 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & t \\ \hline\end{array} \quad \text{et} \quad \begin{array}{|c|c|c|c|}\hline 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & t \\ \hline\end{array}$$

Remarquons que l'écriture dont il vient d'être question a cet avantage, qui n'a pas échappé aux Chinois, de traduire, d'une

manière intuitive, la propriété de la division d'être l'inverse de la multiplication. Soient les deux expressions $2 + 4xy + 4xz$ et $2 + \frac{4y}{x} + \frac{4z}{x}$; elles seront notées respectivement :



La symétrie saute aux yeux.

Les quelques règles que nous avons exposées suffisent à montrer le parti que les mathématiciens chinois ont su tirer de la signification de position *des chiffres et des nombres :* les expressions algébriques qu'ils construisent d'une façon si pittoresque autour de leur *t'ai* central et dont la complication eût embarrassé leurs collègues d'Europe, ne contiennent aucun symbole d'inconnue, et la position seule des coefficients numériques précise le rôle de ceux-ci par rapport aux inconnues.

Opérations algébriques. — Jusqu'ici nous avons considéré les expressions algébriques en elles-mêmes. Mais l'Algèbre, on le sait, doit aussi pouvoir exprimer les relations qui relient entre elles ces expressions, et les opérations auxquelles on doit les soumettre. Chose étrange, les Chinois qui avaient imaginé un instrument si perfectionné et disposaient de ressources si riches pour représenter les expressions de l'Algèbre, sont d'une indigence complète pour ce qui est des signes de relations et d'opérations. En Algèbre, comme dans toutes les branches du savoir et de l'art, après un début qui semblait autoriser l'espérance d'une longue fécondité, on est surpris de les trouver tout à coup stériles.

Il n'existe chez eux, pour exprimer l'*égalité*, aucun signe particulier. Quand le mathématicien chinois doit égaler deux expressions, il les place simplement en regard l'une de l'autre, l'une à droite, l'autre à gauche ; c'est tout. Parfois même, on rencontre des égalités doubles : les quatre expressions sont alors placées l'une à côté de l'autre, et cela signifie que l'égalité existe, à la fois, entre les deux expressions centrales et entre les deux extrêmes.

Toutefois, à propos de l'égalité, nous devons revenir un instant sur le sens précis que le mathématicien chinois attache à l'expression algébrique *isolée*. Il semble bien qu'un tableau de coefficients était souvent, dans la pensée de l'algébriste, plus qu'un

simple groupement de nombres et d'inconnues ; il était, parfois du moins, *l'équivalent d'une véritable égalité dont le second membre sous-entendu était* 0. C'est ainsi que le théorème de Pythagore est symbolisé, sans plus, par le tableau

$$\begin{array}{ccc} 1 & t & -1 \\ & 1 & \end{array}$$

Or le théorème implique évidemment l'expression d'une relation qui est, dans l'espèce, l'égalité

$$x^2 + y^2 - z^2 = 0.$$

Encore, la pensée du mathématicien ne semble-t-elle ni bien claire, ni bien ferme, sur ce point.

L'*addition* de deux expressions, dans le cas général, n'est jamais indiquée. Le fait seul d'écrire dans un tableau les coefficients des inconnues, comme nous l'avons fait voir, est l'équivalent de l'addition ou de la soustraction des termes correspondants.

On ne trouve pas non plus de signes indiquant la multiplication ou la division, mais l'énoncé tout au long des opérations à effectuer. Voici quelques exemples de division :

$$\begin{array}{c} t \\ 2 \\ -1 \end{array} \quad \text{divisé par} \quad \begin{array}{c} t \\ 1 \end{array} \quad \text{fait} \quad \begin{array}{c} 2t \\ -1 \end{array}$$

$$(2x - x^2) \quad : \quad x \quad = \quad 2 - x.$$

$$\begin{array}{c} 4t \\ 0 \\ 0 \\ -1 \end{array} \quad \text{divisé par} \quad \begin{array}{c} t \\ -1 \end{array} \quad \text{fait} \quad \begin{array}{c} -4 \\ t \\ 0 \\ 1 \end{array}$$

$$(4 - x^3) \quad : \quad (-x) \quad = \quad -\frac{4}{x} + x^2.$$

Transformations algébriques. — L'Algèbre n'est pas seulement une lexicologie, c'est une syntaxe : les expressions étant construites et leurs relations indiquées, elle doit enseigner des règles suivant lesquelles on peut les combiner et les transformer en vue d'un but à atteindre. Au risque de sortir un peu de notre sujet, puisque nous ne voulions traiter que des *notations,* disons un mot de ces transformations qui constituent le calcul algébrique proprement dit.

Dans le *Précieux Miroir,* les transformations algébriques les plus diverses, qu'il s'agisse de la résolution d'une équation ou du développement d'une opération algébrique, sont toujours désignées par le mot « combiner ». Le détail de ces transformations n'est jamais donné : les manipulations sont à la charge du lecteur ; on se borne à lui donner quelques points de repère, quelques jalons, pour le guider dans son travail. Les règles existaient donc, et elles étaient connues des élèves de Tchou Che-Kié, pour lesquels le maître avait rédigé son cours. Nous ignorons tout de ce qu'elles étaient en réalité ; c'est à peine si nous en trouvons une trace dans notre auteur. Lorsqu'il effectue la division de

$$\begin{array}{|c|}\hline t \\ \hline 2 \\ \hline -1 \\ \hline \end{array} \quad \text{par} \quad \begin{array}{|c|}\hline t \\ \hline 1 \\ \hline \end{array} \text{ ; résultat : } \begin{array}{|c|}\hline 2t \\ \hline -1 \\ \hline \end{array},$$

$$(2x - x^3) \quad : \quad x \quad = \quad 2 - x^2$$

il se contente de dire : « remontez les coefficients ».

Pour donner une idée de la concision et de la sobriété des indications opératoires, nous donnerons la traduction d'un problème.

« *Problème à une inconnue*

» Si le diamètre du cercle inscrit dans un triangle rectangle, multiplié par le rectangle construit sur les côtés de l'angle droit, donne pour produit 24, et si l'on dit : la somme de l'hypoténuse et du plus grand côté vaut 9 pas, trouver la longueur du petit côté.

» *Réponse :* 3 pas.

» *Solution.* Prenons l'élément Ciel *(t'ien)*, pour représenter la base cherchée. Par la méthode *Jou-tsi* (1), nous trouverons l'ex-

(1) *Jou-tsi* est le terme consacré pour désigner le calcul algébrique.

pression de 162 diamètres multipliant le rectangle des petits côtés :

$$\begin{array}{|c|}\hline t \\ \hline 0 \\ \hline 729 \\ \hline 81 \\ \hline -9 \\ \hline 1 \\ \hline \end{array} \qquad 729x^2 - 81x^3 - 9x^4 + x^5.$$

» Puis, prenant 162 fois la surface donnée et combinant, nous trouvons l'expression dont il faut chercher la racine :

$$\begin{array}{|c|}\hline -3888t \\ \hline 0 \\ \hline 729 \\ \hline -81 \\ \hline -9 \\ \hline 1 \\ \hline \end{array} \qquad 729x^2 - 81x^3 - 9x^4 + x^5 - 3888\ (=0). \quad (1)$$

» La racine donne 3 pas pour la base; c'est exact. »

On voit par cet exemple combien Tchou Che-Kié est avare d'explications : la trame du raisonnement qui conduit à l'équation finale manque complètement, et aucune indication n'est donnée sur la manière de résoudre cette équation : il est vraisemblable qu'on procédait ici par tâtonnements. Quant à la mise en équation, Hoang Yu-Ping en a publié une restitution dans la Bibliotheca mathematica Pé-fou (2), mais le détail présumé des raisonnements semble bien artificiel (3).

(1) On croit surprendre ici le double rôle de la notation en tableau, dont nous avons parlé : le tableau précédent est une expression algébrique isolée, celui-ci serait une équation : l'expression algébrique est ici tacitement égalée à zéro.

(2) Collection éditée vers 1875 par Ting Tsiu-Tchong.

(3) Voici, pour les lecteurs que ces énigmes intéressent, une voie qui conduit à l'équation de Tchou Che-Kié. Désignons respectivement par x, y, z, ou, pour rester Chinois, par *t'ien*, *ti*, *jen*, le côté cherché, l'autre côté de l'angle droit et l'hypoténuse du triangle rectangle.

L'auteur nous dit qu'il faut chercher d'abord 162 fois le diamètre du cercle inscrit multiplié par le rectangle des côtés de l'angle droit. Tâchons de trouver séparément, en fonction de l'inconnue x, chacun des deux facteurs de ce produit.

L'expression de xy en fonction de l'inconnue x revient à celle de y en fonction de x. Cherchons-la.

Le théorème de Pythagore nous donne, par une suite de transformations

Mais nous n'avons point l'intention d'introduire les lecteurs de la REVUE dans la science algébrique chinoise. Notre but, plus modeste, était de leur faire connaître l'existence en Chine, dès le XIIIe siècle, d'une notation algébrique ingénieuse et remarquable. Certes, les essentielles différences entre l'écriture idéographique des lettrés chinois et les écritures occidentales durent jeter les arithméticiens célestes en une grande perplexité, lorsque, devançant de trois siècles l'algébriste belge Adrien Romain et l'illustre Viète, ils voulurent revêtir d'une notation symbolique l'Algèbre arabe. Nous venons de voir comment le *Précieux Miroir des quatre Éléments* résout la difficulté. Nous croyons que Viète lui-même, écrivant à Paris, en 1691, son *Isagoge,* où il fonda l'Algèbre littérale — près de trois cents ans après l'apparition à Péking du *Précieux Miroir* — eût admiré le talent de Tchou Che-Kié et de ses confrères chinois, créant de toutes pièces, à l'usage des mathématiciens de l'Empire du Milieu, une notation algébrique infiniment originale, et qui ne laissa pas d'être pratique, car elle fit ses preuves, du moins entre les mains de ses inventeurs.

L. VANHEE, S. J.

simples, et en tenant compte de la donnée $z + y = 9$,

$$\begin{aligned} x^2 &= (z + y)(z - y) \\ &= 9(z - y) \\ &= 9(z + y) - 18y \\ x^2 &= 81 - 18y \\ 81 - x^2 &= 18y. \end{aligned}$$

D'où
$$18xy = x(81 - x^2). \qquad (1)$$

Il s'agit maintenant de trouver l'expression du diamètre du cercle inscrit, $(x + y - z)$, en fonction de x.

On a successivement :

$$\begin{aligned} x^2 &= (z + y)(z - y) \\ &= 9(z - y) \\ 9x - x^2 &= 9x - 9(z - y) = 9(x + y - y) = 9 \text{ diamètres.} \qquad (2) \end{aligned}$$

xy et $(x + y - z)$ étant aussi exprimés en fonction de x par les équaions (1) et (2), on forme leur produit

$$x(81 - x^2)(9x - x^2) = 162xy(x + y - z).$$

D'où, par la première donnée du problème,

$$729x^2 - 81x^3 - 9x^4 + x^5 - 3888 = 0.$$

C'est l'équation cherchée.

II

DU CONGO AU NIGER ET AU NIL

—

On se rappelle les résultats importants obtenus par l'Expédition en Afrique centrale de 1907-1908, organisée et dirigée par le Prince Fr. de Mecklembourg.

Au point de vue botanique comme d'ailleurs aux points de vue des autres sciences, cette première expédition amena la publication de documents du plus haut intérêt ; elle nous esquissa la constitution de la flore de la région des volcans et celle de la zone orientale de notre colonie congolaise, depuis la frontière jusque Stanleyville (1).

C'était la première fois, en effet, qu'un botaniste parcourait cette région et en étudiait la flore d'une façon méthodique. Dans les autres branches de la science, en zoologie, en minéralogie les résultats furent tout aussi intéressants, et c'est ce qui engagea le Prince à reprendre, avec ses collaborateurs, le chemin de l'Afrique et à explorer, en 1910-1911, non plus l'Afrique orientale, la région des Grands Lacs et celle des volcans, mais l'Ubangi et ses tributaires du Congo belge et du Congo français jusqu'au Nil vers l'Est et jusqu'au Niger au Nord-Ouest.

Les deux volumes que le Prince et ses collaborateurs ont consacrés à leur dernière expédition doivent fixer l'attention de tous ceux qui s'intéressent à l'Afrique tropicale, d'une façon toute particulière ceux qui ont à s'occuper du Congo (2).

Ces deux volumes constituent dans leur ensemble non seulement une œuvre de vulgarisation, mais une œuvre documentaire, grâce au très grand nombre de photographies qui illustrent l'ouvrage admirablement bien présenté, et dont quelques-unes peuvent être reproduites ici.

(1) Voyez : *Wissenschftl. Ergebnissen d. Deutsche Zentral-Afrika Exped. unter Führung Ad. Fr. Herzog zu Mecklenburg.* Liepzig, Klinkhardt et Biemann, Bd. II, Botanik.

(2) Ad. Friedrich Herzog zu Mecklenburg, *Von Kongo zum Niger und Nil*, 2 vol. in 8°, I, 324 p., 2 cartes en couleurs, 222 fig. hors texte ; II, 398 p. 1 carte en couleurs, 230 fig. hors texte.

Cette mission du Prince de Mecklembourg a parcouru des parties du territoire de notre colonie sur lesquelles il doit exister indiscutablement, dans les archives de nos départements officiels, des documents nombreux, mais sur lesquelles aussi, au point de vue scientifique, peu de choses ont été publiées.

Il était aisé d'atteindre la région de l'Ubangi par le chemin de fer du Congo et de là, en arrivant à Kinshassa, au Stanley-Pool, de se diriger rapidement par la voie navigable jusqu'à l'Ubangi.

Afin de faire le plus de travail possible, l'État-major de la mission a été rapidement scindé en plusieurs groupes auxquels des tâches différentes ont été assignées.

L'ensemble de la mission ne se rendit cependant pas directement au Congo, elle fit escale à Victoria d'où elle passa à Duala, faisant une excursion vers l'intérieur des terres jusqu'à Bare ; de Duala elle se dirigea vers San-Thomé, d'où elle prit le chemin de la Guinée espagnole : Bata, Benito, Ile Klobey, d'où elle passa à Libreville et se dirigea alors directement vers le Congo.

La région de Kisantu, qui depuis des années a été le théâtre des recherches botaniques d'un groupe de Belges parmi lesquels nous avons plaisir à citer le Frère J. Gillet et le R. P. H. Vanderyst, attira l'attention des Drs Schultze et Mildbread qui s'arrêtèrent pendant quelques jours dans les environs de Kimuenza pour jeter un coup d'œil sur la flore.

M. Mildbread considère dans cette région trois types : la steppe buissonnante qui parfois prend l'aspect de vergers, la forêt basse plus ou moins xérophile, et les galeries forestières qui sont riches en espèces possédant franchement les caractères de la grande forêt centrale, qui, comme on le sait, exige de l'humidité constante et par conséquent ne peut se développer que le long des ruisseaux permanents.

Cet arrêt dans la région de Kimuenza donna l'occasion à la mission de rapporter de précieux documents botaniques et photographiques. Dans cette brousse M. Mildbread nous signale comme plante la plus caractéristique, l'*Hymenocardia acida* Tul. (Euphorbiacée) qui irait jusqu'à constituer dans certains cas les trois quarts de la végétation buissonnante et qui peut former des arbres atteignant 6 m. de hauteur (fig. 1, ex *Vom Kongo zum Ubangi,* t. II, fig. 87, p. 102).

Le botaniste allemand indique encore dans cette région : *Crossopterix africana* (Wint.) K. Schum. ; des *Bridelia ;* des *Vitex ; Maprounea africana* Muell.-Arg. ; *Psorospermum febri-*

fuga Spach ; *Syzygium guineense* Willd. ; *Strychnos pungens* Sol. ; et *Strychnos suberosa* De Wild. (1).

On pourrait encore citer comme caractéristiques : *Anona senegalensis* Pers. et *Sarcocephalus sambucinus* (Wint.) K. Schum. L'auteur insiste également sur la présence, dans la steppe de la région, d'un certain nombre d'Apocynacées parmi lesquelles se rencontre le très célèbre *Landolphia Thollonii* Dew., qui fournit le caoutchouc des herbes ; le petit *Anisophyllea Buettneri* Engl. ; un petit *Parinarium* que M. Mildbread trouve voisin du *Parinarium curatellifolium* Planch., mais qui en serait nettement différent, et enfin l'*Ochna arenaria* De Wild. et Th. Dur. formant de très petites touffes de tiges couvertes, au commencement de la saison sèche, de fleurs jaunes.

Nous avons, dans nos études de géo-botanique congolaise, où nous n'avons naturellement pas pu tenir compte des renseignement accumulés par la mission du Prince de Mecklembourg, essayé de dresser l'état actuel de la flore de cette région Kisantu-Kimuenza-Léopoldville, en la considérant comme formée de deux parties, l'une à l'Est de la rivière Inkisi, l'autre à l'Ouest, tableau qui actuellement déjà devrait être fortement remanié, car nos compatriotes ne chôment pas, et depuis le début de cette année, le R. P. Vanderyst a déjà expédié à Bruxelles environ un millier de numéros de plantes sèches.

Il est particulièrement intéressant de faire remarquer, que même dans cette région si visitée, le botaniste allemand a découvert non seulement des espèces nouvelles pour la flore du Congo, mais encore des espèces nouvelles pour la Science. Nous pouvons reproduire une des photographies rapportées de là-bas et qui pourrait servir de modèle à nos explorateurs belges. Elle nous montre un aspect de la steppe, avec, en place, les belles *Amaryllidacées* si souvent remarquées par nos voyageurs et dont les grandes corolles blanches émaillent les prairies après les premières pluies (fig. 2, *Op. cit.*, t. II, fig. 88, p. 104).

Après ce séjour dans le Bas-Congo, MM. Schultze et Mildbread remontèrent le Congo, après être passés par Brazzaville.

Ils décrivent l'aspect des rives qu'ils ont suivies jusqu'à l'embouchure de l'Ubangi-Sanga.

A l'embouchure de cette rivière, ils quittèrent le Congo pour

(1) Voyez à ce propos : Mildbread, *Bot. Bemerk. in Kamerun und Kongogebiet in Verhandl. Bot. Verein Pr. Brandenburg*, XXIV (1912) p. 38 et suiv.

pénétrer dans le Congo français devenu depuis Congo allemand, remonter la Sanga et se diriger vers le Cameroun.

M. le Dr Mildbread insiste sur l'aspect particulier de la région de la Sanga et de la Likuala-aux-herbes qui est couverte par un réseau de canaux réunissant entre eux les différents affluents de ces rivières et de l'Ubangi. Les photographies nous montrent dans cette région des associations de *Borassus*, de *Raphia*, d'*Elaeis* qui sont absolument comparables à celles que nous connaissons dans la Lua et la Giri, à l'Est de l'Ubangi. Le triangle formé par la Sanga et le Congo, jusque vers 3°, constitue un terrain marécageux sur lequel les voies fluviales n'ont pas encore pris un tracé définitif.

C'est grâce à la propriété que possèdent ces plantes de former des racines respiratoires, dirigées en sens inverse de la pesanteur, que la plupart d'entre elles parviennent à vivre dans cette vase compacte, à la fixer et à former ainsi petit à petit, au sein des eaux, une terre ferme.

Les photographies prises en cours de route par la mission allemande montrent la plus grande ressemblance avec celles qui ont été prises récemment au Congo belge, à l'Est de l'Ubangi ; elles semblent indiquer que la zone comprise entre le Congo à l'Est et le bassin de l'Ogoué à l'Ouest est de constitution géo-botanique assez constante. D'ailleurs, bien que la flore de cette région n'ait pas pu être définie d'une façon précise, les recherches du Dr Mildbread ont mis en relief des analogies indiscutables. Les fortes différences de niveau entre les eaux basses et les eaux hautes amènent naturellement des perturbations dans la vie végétale, dont les conséquences sont fort semblables à l'Est comme à l'Ouest de l'Ubangi.

Plusieurs des photographies et des aquarelles qui documentent le récit de la mission du Prince de Mecklembourg nous montrent à l'Ouest de l'Ubangi, comme on a pu nous le faire voir à l'Est du même fleuve, de nombreux arbres morts au milieu des marais.

Cette disparition d'arbres bien développés est probablement due à ces variations du niveau des eaux, à l'arrachement d'arbres qui se sont développés en terre ferme et qui n'ont pu continuer à vivre dans le marais.

Ces squelettes à troncs de couleur pâle tranchent, à certains endroits, sur le fond bien vert de la forêt et donnent au paysage, au dire de certains voyageurs, un aspect particulièrement triste.

C'est dans les parties élargies de ces rivières en formation que prennent naissance les îles flottantes souvent constituées par des

Papyrus et des « Ambatch » dont les explorateurs de la Mission du Prince de Mecklembourg ont, eux aussi, signalé la présence sur le Congo et ses affluents occidentaux.

Ces îles jouent indiscutablement un grand rôle dans la constitution de la terre ferme et cette phase a, au point de vue économique, une très grande importance, car non seulement nous voyons apparaître partout où il y a de la terre de véritables plantations naturelles d'*Elaeis*, entourés souvent d'une ceinture de *Raphias* capables eux aussi de fournir de l'huile, mais encore des lianes à caoutchouc.

Le long des bords de la Sanga, surtout vers son embouchure, M. Mildbread considère comme surtout répandu le *Copaifera Demeusei* Harms, cet arbre à copal commun dans toute la partie centrale de notre Congo.

Il cite également comme assez typiques pour la région les arbres suivants dont quelques-uns n'ont pas encore été signalés dans notre colonie où ils doivent exister : *Lophira procera*, *Terminalia superba* Engl. et Diels, *Macrolobium Dewevrei* De Wild., *Klainedoxa gabonensis* Pierre, *Irringia grandifolia* Engl., *Pachipodanthium Staudtii* Engl. et Diels.

Plus vers le nord, dans la rivière Djah, la forêt devient plus forte, certaines espèces sont identiques à celles de la Sanga, les *Copaifera* par exemple.

Il n'y a d'ailleurs rien d'étonnant à ce que, au delà de la région inondée, la forêt prenne un plus grand développement et c'est ce que nous observons également au Congo où, quand on se dirige perpendiculairement au courant des rivières, on trouve entre la zone de steppe ou de brousse qui occupe le pourtour de la cuvette centrale congolaise ou la crête de séparation de deux bassins, et la galerie forestière marécageuse, une zone de grande forêt. Celle-ci a été particulièrement bien décrite d'ailleurs par M. Mildbread et elle caractérise à peu près tout le centre de notre Congo.

Cette forêt, à laquelle le Dr Mildbread a appliqué le nom de *Hylaea*, n'est pas partout la même et nous pensons bien que la forêt de haute futaie à laquelle on a souvent fait allusion dans la description de l'Afrique tropicale centrale ne se présente pas partout, et que fréquemment les forêts vierges, la véritable « Urwald » de l'Afrique centrale, actuellement de plus en plus rare, se présente sous l'aspect décrit et photographié par M. Calmeyn dans la région de la Likati.

Les conclusions de M. le Dr Mildbread cadrent d'ailleurs fort

Fig. 1. — La steppe à *Hymenocardia*, près de Kimuenza (Bas-Congo).

Fig. 2. — La steppe des environs de Kimuenza après les premières pluies, de belles Amaryllidacées émaillent la prairie de leurs fleurs (Bas-Congo).

Fig. 3. — La forêt dans la région de Lomie (Sud-Kamerun), avec des arbres à racines étançons.

Fig. — 4. Dans la zone inondée aux hautes-eaux, au bord de l'Ubangi près de Duma (Congo belge).

Fig. 5. — Le palais du gouverneur à Bangi, dans la galerie forestière ; au fond la rive belge de l'Ubangi avec les galeries forestières.

Fig. 6. — Les rapides près de Bangi.

Fig. 7. — Au bord de l'Ubangi à l'est de Fort-de-Possel, au nord du Congo belge.

bien avec cette opinion. Il faut, d'après lui, considérer plusieurs types de forêts africaines caractérisés très nettement, non seulement par les éléments arborescents, mais encore par les végétaux du sous-bois.

Dans la région Assobam-Lomie (fig. 3, *Op. cit.*, t. II, fig. 166, p. 242), M. le Dr Mildbread trouve un rappel des forêts du Haut-Aruwimi et de l'Ituri qu'il a eu l'occasion de visiter dans son premier voyage avec le Prince de Mecklembourg.

Pour lui, dans mainte région entre ces postes et l'Ubangi, il existerait encore des forêts vraiment primaires.

Le voyage de MM. Schultze et Mildbread a permis de dresser un itinéraire très détaillé de Molundu sur le Djah à Gross-Batanga et à Kribi (carte au 1 : 1 000 000).

Il est actuellement encore très difficile de déterminer la limite de la forêt centrale qui, comme on le voit, présente des facies différents. Nous avons dans nos « Documents » (1) essayé de faire cette délimitation qui devra être serrée de plus près par les explorateurs.

Dans les différentes notes qu'il a publiées au sujet de ses missions, dans les expéditions du Prince de Mecklembourg, le Dr Mildbread insiste sur les caractères écologiques de la forêt qui est rarement constituée par de grandes associations d'une seule et même espèce ; il est rare, semble-t-il, que la même espèce existe en quantité au même point, M. Mildbread cite cependant une exception à cette règle pour le *Macrolobium Dewevrei* De Wild.

Nous n'insisterons pas sur la cauliflorie, sur la rhizanthie, sur la base très élargie des troncs, sur la présence des épiphytes et des lianes; sont-ils aussi nombreux en Afrique qu'au Brésil?

Le gros de l'expédition du Prince de Mecklembourg ne s'arrêta pas dans le Bas-Congo, il remonta le fleuve, prit l'Ubangi et se sépara à Libenge de quelques-uns de ses membres qui explorèrent les environs de cette localité et de Duma, sans récolter de nombreux documents botaniques.

Les bords du fleuve près de cette localité sont inondés aux hautes eaux ; c'est d'ailleurs ce qui a motivé le transfert du poste de Duma-rive et son installation vers l'intérieur des terres; notre figure 4 *(Op. cit.*, t. I, fig. 2, p. 22) montre l'aspect de la zone inondée pendant la période des pluies.

(1) É. De Wildeman. *Documents pour l'étude de la Géo-Botanique congolaise*, Bruxelles, 1913, pp. 107 et suiv.

Comme on peut le voir par les renseignements géographiques rapportés dans les chapitres de cet ouvrage, les résultats des observations faites au cours de ces excursions, corroborent les opinions émises par M. Franz Thonner pendant son second voyage en Afrique équatoriale, qu'il a rappelées lui-même dans son « Vom Kongo zum Ubangi » (1), et que nous avons pu rediscuter depuis dans deux mémoires sur la flore du Congo belge (2).

On doit donc admettre que la forêt forme dans toute cette région une large galerie, le reste du territoire étant occupé vers le nord par une savane fort riche en gibier de poil et de plume, vers le sud par des marais.

Bangi, en territoire français, se trouve vers la limite de la forêt centrale; le poste français se trouve, sur la berge haute, en galerie forestière (voir la figure 5, *Op. cit.*, t. I, fig. 4, p. 27), et c'est un peu au nord que se rencontrent les rapides, formés par l'Ubangi descendant du plateau entourant la forêt, dont la figure 6 (*Op. cit.*, t. I, fig. 5 p. 27) nous donne une idée.

A partir de Bangi, la Mission se tint surtout sur le territoire français ; elle continua jusqu'au Fort-de-Possel (Kemo) où la galerie forestière devient de plus en plus claire ; la figure 7 (*Op. cit.*, t. I, fig. 161 p. 241), nous montre, en cette région, le fleuve vu de la rive française.

Ce fut de ce point que la Mission se scinda à nouveau : une des parties se dirigea vers le Tschad et passa de là par le Benue au Niger, l'autre se subdivisa à son tour : une partie remonta l'Uele et la Dungu pour passer de Faradje à Abba et à Yei (Soudan anglo-égyptien) et redescendre le Bahr-el-Ghazal et le Nil, l'autre suivit le Bomu pour rejoindre également le Nil par le Bahr-el-Ghazal.

Cette région du Bomu, très tourmentée est, au point de vue de la flore, très mal connue ; elle doit cependant être riche et posséder des types spéciaux rappelant peut-être ceux découverts dans le temps par M. G. Schweinfurth.

Une de nos figures (fig. 8, *Op. cit.*, t. I, fig. 203, p. 272), qui nous montre les rapides à l'Est de Bangassu, permet de se rendre compte de l'aspect des galeries forestières dans cette partie de la colonie française à la frontière du Congo belge.

Sur la route entre Abba et Redjaf, dans les environs de Loka,

(1) Fr. Thonner, *Vom Kongo zum Ubangi*, Berlin, 1910.

(2) De Wildeman, *Études sur la Flore des districts des Bangala et de Ubangi* (Congo belge), Brux., 1911, et *Documents géo-botaniques, Op. cit.*

FIG. 8. — Les rapides du Bomu à l'est de Bangana.

un peu au nord de la limite de notre colonie, les voyageurs allemands signalent la présence de bambous en très grand nombre ; la plante n'a pas à notre connaissance été déterminée, mais il semble probable qu'il s'agit ici de l'espèce que l'on rencontre dans l'Est de notre colonie où elle marque une transition nette entre la brousse et la forêt.

Il semble cependant que dans l'ancienne Enclave de Lado, ces bambous soient moins vigoureux que dans la zone du Kivu où ils ont été signalés, et où des chaumes atteignent fréquemment 14 m. de hauteur.

Au dire des voyageurs allemands, ces bambous constituent là de véritables forêts et sont, pendant les heures les plus chaudes de la journée, le refuge de nombreux éléphants.

C'est non seulement à l'étude des plantes et des animaux que l'État-major de la mission du Prince de Mecklembourg a consacré ses efforts, l'homme aussi a préoccupé le chef et ses adjoints et une quantité de données ethnographiques ont pu être recueillies soit à la suite d'observations directes, soit d'après les rapports d'agents ou de fonctionnaires avec qui le personnel de la mission a été en contact suivi.

Le capitaine von Wiese und Kaiserwaldau, chargé des études ethnographiques, a même pu dresser une carte des populations qui ont été rencontrées.

Nous n'avons pas à insister ici sur les résultats des explorations faites loin au delà des frontières de notre colonie ; nous pouvons cependant rappeler, comme de grand intérêt, les notes, vécues, sur Fernando-Po et Annobon.

Signalons aussi que le deuxième volume du compte rendu de ce grand voyage, est terminé par un aperçu général des résultats de la mission et que depuis l'apparition de la superbe édition, les collaborateurs du Prince ont publié, chacun d'après leur spécialité, des notes nombreuses sur leurs récoltes et leurs observations.

Le Prince de Mecklembourg a donné là, depuis plusieurs années, un exemple qui sera, espérons-le, suivi !

É. D. W.

BIBLIOGRAPHIE

I

Taschenbuch für Mathematiker und Physiker, unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen herausgegeben von Felix Auerbach in Jena und Rudolf Rothe in Clausthal. Mit einem Bildnis Friedrich Kohlrauschs. 3. Jahrgang 1913. — Leipzig und Berlin, Druck und Verlag von B. G. Teubner 1913 (Petit in-8° cartonné de x-433 pp.). Prix : 6 marcs.

Le premier volume du *Taschenbuch* a paru en 1909; le second en 1911; le troisième dont nous allons donner une analyse, contient le calendrier astronomique de mars 1912 à décembre 1914, de manière à le rattacher au précédent et au suivant qui paraîtra à la fin de 1914 et auquel on peut souscrire dès maintenant. Cette précieuse encyclopédie mathématique et physique paraît donc tous les deux ans : elle contient une partie fixe, qui est un résumé des vérités les plus importantes des mathématiques et de la physique ; une partie variable, qui renferme des notices sur des questions scientifiques à l'ordre du jour, rédigées par des savants spécialement compétents en ces matières.

Comme nous l'avons fait pour les volumes antérieurs, nous allons analyser le troisième volume du *Taschenbuch* en signalant les nouvelles notices qu'il contient.

La partie mathématique générale a été rédigée par M. R. Rothe, la partie physique par M. Félix Auerbach. Les pages I-X renferment les préfaces des trois années et la table des matières. Une particularité de celle-ci comme de l'index qui termine le volume, c'est qu'elle renvoie pour certains articles aux deux premiers *Taschenbücher* : il a fallu, en effet, supprimer du troisième certaines notices même très importantes, pour ne pas augmenter le volume et le prix du livre ; mais grâce à la table et à l'index, on sait où les retrouver.

I. *E. Warburg.* Biographie de Kohlrauch (avec portrait) (8 pages). Dans le premier T. (T. = *Taschenbuch),* on trouve celle de Lord Kelvin, dans le second, celle de Minkowski.

II. Calendrier. Lever et coucher du Soleil et de la Lune, équation du temps, jours de fêtes et événements astronomiques (41 pp.). La dernière colonne pourrait facilement contenir plus de renseignements sur Vénus, Mars et Jupiter ; par exemple, l'heure du passage au méridien de dix en dix jours. Dans le second T., il y a un mémoire sur la détermination des orbites, des planètes et des comètes.

III. Tables de fonctions, de nombres premiers, de constantes (15 pp.).

IV. Arithmétique et algèbre (43 pp.). Dans cette section, il y a trois notices spéciales. 1. *G. Hessenberg :* théorie des ensembles (12 pp.). 2. *L. Bieberbach,* théorie des groupes, théorie des équations de Galois (4 pp.). 3. *A. Fleck,* le dernier théorème de Fermat (5 pp.). Le précédent T. contenait aussi une notice sur le même sujet par *A. Wieferich,* un de ceux qui ont fait avancer la question (cette ancienne notice n'est pas rappelée à la table) ; puis une autre sur les nombres transcendants.

V. Analyse (35 pp.). Deux notices : 1. *O. Toeplitz.* Équations intégrales et leurs applications (3 pp.) ; cette notice, moins complète, était déjà dans le second T. 2. *L. Bieberbach.* Fonctions à valeurs multiples et leur uniformisation (2 pp.). Dans le second T., il y avait une notice sur le calcul des variations. — On pourrait améliorer le paragraphe consacré aux fonctions hyperboliques, en abandonnant les notations allemandes avec lettres gothiques et les remplaçant par les notations universelles plus commodes. Dans la théorie des fonctions elliptiques, les zéros et les infinis de *sn*, *cn*, *dn*, doivent être simplifiés (0, K, $K + K'i$; $K'i$; rien de plus ; la troisième colonne de la page 139 donne tout le reste). Les demi-périodes ($2K$; $2K$, $2K'i$; $2K'i$), dont l'addition à l'argument fait changer les fonctions de signe, seraient utilement introduites. Nous croyons aussi qu'il vaudrait mieux donner les formules relatives à la fonction *pu* de Hermite où le multiplicateur est égal à l'unité qu'à la fonction *pu* de Weierstrass, où ce multiplicateur complique toutes les relations analytiques.

VI. *Géométrie* (31 pp.). C'est ici qu'il y a le plus de suppressions par rapport au second T., qui contenait cinq paragraphes en plus : géométrie non euclidienne, involution et affinité,

cubiques, courbes et surfaces algébriques dans l'espace, générales ou spéciales.

VII. Mathématiques appliquées (11 pp.). Le second T. contenait en plus la théorie mathématique des assurances sur la vie. Dans l'interpolation, on pourrait introduire la seconde formule de Newton, si pratique en comparaison de celle de Lagrange, avec le reste.

VIII. *W. Lietzmann*. La commission internationale de l'enseignement mathématique (5 pp.). Article entièrement nouveau.

IX. *H. Liebmann*. Mécanique analytique (19 pp.). Ont été supprimés trois paragraphes sur la statique graphique, la théorie du potentiel et de la distribution de l'électricité statique.

X. Tableau de l'histoire des mathématiques (2 pp.). Article entièrement nouveau, déjà très bon, mais où il faudra supprimer plus tard les étoiles de troisième ou quatrième grandeur, *au point de vue mathématique,* comme Maria Agnesi, W. Bolyai Crelle, Brianchon, Bessel, Encke, Schellbach, Minding, Culmann, G. Hauck, etc.

XI. Physique de la matière (16 pp.). Ce chapitre a été notablement accourci par la suppression d'un assez grand nombre de paragraphes peu étendus sur des points difficiles.

XII. Le son (3 pp.). Mêmes remarques.

XIII. La chaleur (26 pp.). Quelques suppressions aussi. A la page 241, nous croyons qu'il faut laisser de côté (ligne 4 en remontant) les mots suivants : « entsprechend sind dA und dW lediglich kleine Grössen, dagegen ist dE ein totales « Differential ». On suppose implicitement que dans tout processus thermique spécial, il n'y a qu'une variable indépendante dont les autres sont des fonctions ayant une dérivée. Par suite, aux accroissements de toutes ces fonctions correspondent des différentielles déterminées d'une seule variable ; ensuite, de plus dE est une différentielle totale de deux variables.

XIV. Électricité et magnétisme (46 pp.). XV. Lumière (34 pp.). Il y a eu aussi maintes suppressions dans ces deux sections, entre autres la théorie de la relativité exposée dans le second T.

XVI. *A. Sommerfeld*. Théorie des quanta (18 pp.). XVII. *A. Gast*. Géodésie élémentaire (10 pages). XVIII. *L. Milch*. Principes de cristallographie (23 pp.). Ces trois articles sont entièrement nouveaux.

XIX. *Fréderich Auerbach*. Chimie générale (23 pp.).

XX. Journaux et ouvrages de mathématiques et de physique publiés en 1911, 1912 (23 pp.). XXI. Nécrologie (3 pp.). XXII

Professeurs allemands (13 pp.). XXIII. Index alphabétique (25 pp.). XXIV. Annonces.

Chaque subdivision du *Taschenbuch* est suivie d'indications bibliographiques bien choisies.

Le *Taschenbuch für Mathematiker und Physiker* de 1913-1914, nous semble digne de tout éloge comme les deux premiers. C'est un ouvrage de référence dont on se passe difficilement une fois qu'on l'a employé. Souhaitons qu'à chaque nouvelle édition il s'améliore dans les moindres détails.

L'éditeur ne pourrait-il publier en même temps que chaque édition du *Taschenbuch*, un supplément contenant les paragraphes qui ne sont pas reproduits dans la dernière ? Ce supplément serait le bienvenu chez tous ceux qui n'ont pas la collection complète des éditions successives.

P. Mansion.

II

Die Mathematik im Altertum und im Mittelalter, von H. G. Zeuthen (Kopenhagen), Berlin und Leipzig. Druck und Verlag von B. G. Teubner, 1912. — Un vol. in-8° de IV-95 pp. Prix : 3 marcs.

Cet ouvrage forme la première livraison de la première section (Sciences mathématiques) de la troisième partie (Mathématiques, sciences naturelles et médecine) de l'importante collection de monographies intitulée : *Die Kultur der Gegenwart, ihre Entwicklung und ihre Ziele,* herausgegeben von Paul Hinneberg.

Comme on le sait, le savant professeur de l'Université de Copenhague est, en ce moment, mieux qualifié que personne, M. Cantor excepté, pour faire le tableau de l'histoire des mathématiques dans l'antiquité et au moyen âge. Il a publié en danois, sur le même sujet, un manuel qui est traduit en allemand et en français, puis une histoire des mathématiques au XVIe et au XVIIe siècle qui en est la suite et qui est aussi traduite en allemand. Mais, de plus, il est l'auteur de nombreux mémoires ou articles, sur des questions spéciales relatives à l'histoire des mathématiques. Il faut citer, en ce genre, avant tout son livre *Les coniques dans l'antiquité* (en danois et en allemand), qui nous a fait pénétrer pour la première fois dans la pensée antique

sur ce sujet ; ensuite son commentaire sur l'Ephodicon d'Archimède retrouvé en 1906 par Heiberg ; son mémoire (en français) sur les livres arithmétiques d'Euclide inconnus qui en fait enfin connaître la vraie portée, etc., etc.

Toutes ces recherches personnelles sur des points fondamentaux de l'histoire des mathématiques, celles aussi des chercheurs contemporains les plus originaux dans ce domaine ainsi que les résultats plus anciens déjà sûrement établis auparavant sont exposés avec concision, précision, exactitude et clarté dans l'ouvrage que nous annonçons. Voici l'indication des subdivisions du livre :

I. *Origine et développement des nombres et du calcul.* 1° Formation primitive des nombres. Système décimal, systèmes non décimaux (pp. 1-4). 2° Calcul primitif ; calcul sur les doigts ; abaques ; tables ; calcul par compléments (pp. 4-9). 3° Calcul avec 27 lettres chez les Grecs ; calcul sexagésimal chez les Babyloniens ; le système décimal avec le zéro chez les Hindous, sa propagation ; le calcul avec les parties aliquotes chez les Égyptiens (pp. 9-19). 4° Applications : la règle de trois, les périodes astronomiques ; mystique et symbolique numériques, carrés magiques ; problèmes curieux ; règle de fausse position simple ou double ; interpolation, extraction des racines (pp. 20-27).

II. *Origine de la géométrie ; les mathématiques grecques.* 1° Géométrie intuitive ; géométrie égyptienne et géométrie ancienne de l'Inde (pp. 27-33). 2° La géométrie élémentaire grecque de 500 à 300 avant J.-C. (pp. 33-50) : tableau magistral de la création de la géométrie scientifique : Thalès, Pythagore, les irrationnelles, l'arithmétique et l'algèbre géométriques, Hippocrate de Chios, Archytas, Platon, Eudoxe, etc. 3° Mathématiques appliquées ; logistique, géodésie, Héron, optique, perspective, catoptrique, mécanique, Aristote, etc. (pp. 50-54). 4° L'apogée des mathématiques à Alexandrie (pp. 55-67). Euclide, Archimède, Apollonius, ses prédécesseurs, ses continuateurs. Personne ne pouvait écrire ce chapitre avec une compétence supérieure à celle de Zeuthen. 5° Astronomie, trigonométrie (pp. 67-72). Aristarque, Eudoxe, Hipparque, Ptolémée, Menelaus. 6° L'arithmétique grecque (pp. 72-74). Ératosthènes, Nicomaque, Diophante.

III. *Décadence et renaissance des mathématiques grecques.* 1° Décadence. Pappus, les Byzantins, les Romains (pp. 75-77). 2° Hindous et Chinois (pp. 77-79). 3° Arabes (pp. 80-84). 4° Les mathématiques au moyen âge, en Occident (pp. 84-93). Gerbert,

Léonard de Pise, Nemorarius, Witelo, Albert de Saxe, Nicolas de Cusa, Oresme, Widman, Chuquet, Paciolo, Levi ben Gerson, Peurbach, Regiomontanus, Pier dei Franceschi, Dürer, Léonard de Vinci.

Bibliographie (pp. 94-95). Indications générales essentielles. L'auteur a eu soin dans tout le cours de son livre de donner partout des indications chronologiques suffisantes d'après Wilamowitz-Moellendorff.

Si le très bon résumé d'histoire des mathématiques dans l'antiquité et au moyen âge de Zeuthen a un défaut, c'est que l'évolution de chaque branche de la science, arithmétique, géométrie, etc., y est exposée à part. N'aurait-il pas été préférable de faire connaître dans chaque pays, dans l'ordre chronologique, le développement parallèle des diverses disciplines mathématiques? Mais le livre a tant de qualités que nous ne voulons pas insister sur cette critique.

P. Mansion.

III

Leonhardi Euleri Opera Omnia sub auspiciis Societatis Scientiarum Naturalium Helveticae edenda curaverunt Ferdinand Rudio, Adolf Krazer, Paul Stæckel.

Series I, *Opera Mathematica*. Volumen X. — Leonhardi Euleri Institutiones Calculi Differentialis edidit Gerhard Kowalewski. Lipsiae et Berolini. Typis et in Aedibus B. G. Teubneri M.CM.XIII. Un vol. in-4° de 676 pages.

Series I, *Opera Mathematica*. Volumen XI. — Leonhardi Euleri Institutiones Calculi Integralis ediderunt Friedrich Engel et Ludwig Schlesinger. Volumen primum. M.CM.XIII. Un vol. in-4° de xxiii et 462 pages.

Series I, *Opera Mathematica*. Volumen XX. — Leonhardi Euleri Commentationes analyticae ad theoriam integralium ellipticorum pertinentes edidit Adolf Krazer. Volumen prius. M.CM.XII. Un volume in-4° de xii et 371 pages.

Series II, *Opera Mechanica et Astronomica*. Vol. I et II. — Leonhardi Euleri Mechanica sive Motus scientia analytice exposita edidit Paul Stæckel. Adjecta est Euleri effigies ad imaginem a Webero aeri incisam expressa. M.CM.XII. Deux volumes in-4° de xiv, 407 ; et 460 pages.

Euler occupe, avec Lagrange, la place principale dans l'histoire des mathématiques de la deuxième moitié du XVIIIe siècle. Peu de géomètres ont été autant étudiés que lui. Un simple compte rendu comme celui-ci ne se prête pas à des réflexions nouvelles sur l'importance des découvertes d'un pareil génie, ni sur leur influence. Devant une entreprise aussi vaste que la réédition des Œuvres d'Euler, ce qu'il y a, me paraît-il, de plus utile, est de me contenter de faire exactement connaître au lecteur le contenu de chacun des volumes.

Le *Calcul différenciel* d'Euler est réédité d'après le texte de la première édition qui parut sous le titre de *Institutiones Calculi differentialis cum ejus usu in analysi finitorum ac doctrina serierum. Auctore Leonhardo Eulero Acad. Reg. Scient. et eleg. litt. Borussi. directore Prof. Honor. Acad. Imp. Scient. Petrop. et Academiarum Regiarum Parisinae et Londinensis socio. Impensis Academiae Imperialis Scientiarum Petropolitanae. 1755.* C'est un volume in-4° de XXIV et 880 pages dont je connais des exemplaires à la Bibliothèque Royale de Belgique et à la Bibliothèque de l'Observatoire Royal d'Uccle. Le *Calcul différentiel* eut une réédition dans la langue originale à Dantzig, en 1787 ; et une édition allemande dont les deux premières parties parurent à Berlin et Libau en 1790, et la troisième à Berlin en 1793. Il n'est peut-être pas inutile de rappeler ici, qu'une traduction manuscrite française de la première partie et des huit premiers chapitres de la seconde, existe à la Bibliothèque de l'Observatoire d'Uccle. Elle avait été faite en vue du malencontreux essai d'édition française des Œuvres d'Euler, entrepris à Bruxelles en 1839.

Euler débute par une *Préface*. Voici la traduction des titres des divers chapitres. PREMIÈRE PARTIE. — *Ch.* 1. Des différences finies. — *Ch.* 2. De l'usage des différences dans la théorie des séries. — *Ch.* 3. Des infinis et des infiniment petits. — *Ch.* 4. De la nature des différentielles de tous ordres. — *Ch.* 5. De la différentiation des fonctions algébriques à une seule variable. — *Ch.* 6. De la différentiation des fonctions transcendantes. — *Ch.* 7. De la différentiation des fonctions à deux ou plusieurs variables. — *Ch.* 8. De la différentiation ultérieure des formules déjà différentiées. — *Ch.* 9. Des équations différentielles.

DEUXIÈME PARTIE. — *Ch.* 1. De la transformation des séries. — *Ch.* 2. De la recherche des séries qui peuvent être sommées. — *Ch.* 3. De l'invention des différences finies. — *Ch.* 4. De la transformation des fonctions en séries. — *Ch.* 5. De la recherche

de la somme des séries par leur terme général. — *Ch.* 6. De la somme des progressions par les séries infinies. — *Ch.* 7. Développements ultérieurs de la méthode précédente de sommation. — *Ch.* 8. De l'usage du calcul différentiel dans le développement des séries. — *Ch.* 9. De l'usage du calcul différentiel dans la résolution des équations. — *Ch.* 10. Des maxima et des minima. — *Ch.* 11. Des maxima et des minima des fonctions multiformes à plusieurs variables. — *Ch.* 12. De l'usage des différentielles dans la recherche des racines réelles des équations. — *Ch.* 13. Des critères des racines imaginaires. — *Ch.* 14. Des différentielles des fonctions dans certains cas particuliers. — *Ch.* 15. Des valeurs des fonctions qui semblent indéterminées dans certains cas. — *Ch.* 16. De la différentiation des fonctions inexplicables. — *Ch.* 17. De l'interpolation des séries. — *Ch.* 18. De l'usage du calcul différentiel dans la résolution des fractions.

M. Maurice Cantor a consacré, on le sait, tout le chapitre 113 de ses *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik* (2e édition, t. III, Leipzig, Teubner, 1901, pp. 749-773) à l'analyse des « Leçons de Calcul différentiel d'Euler ». Ce beau travail du professeur d'Heidelberg a été l'objet de critiques de détail, dont il convient de tenir compte, dans divers volumes de la *Bibliotheca Mathematica* de M. Eneström; on en trouvera l'énumération à la page 82 du volume en cours de publication (3e série, t. XIII, fascicule du 31 décembre 1912). Quant à la critique des principes philosophiques de la méthode infinitésimale d'Euler, nous ne pouvons que renvoyer aux travaux de M. Mansion, notamment *Résumé du Cours d'analyse infinitésimale*, nos 291, II, 292, XII et (292).

Le *Calcul intégral* d'Euler comprend trois volumes qui parurent successivement en 1768, 1769 et 1770. Dans le volume actuel, MM. Engel et Schlesinger ne nous donnent que le tome I d'après les *Institutionum Calculi Integralis Volumen primum in quo Methodus integrandi a primis principiis usque ad integrationem aequationum differentialium primi gradus pertractatur. Auctore Leonhardo Eulero Acad. Scient. Borussiae directore vicennali et socio Acad. Petrop. Parisin. et Londin. Petropoli Impensis Academiae Imperialis Scientiarum. 1768.* C'est un volume in-4° de (4) et 542 pages, dont je connais un exemplaire à la Bibliothèque de l'Observatoire d'Uccle. Ce 1er volume a eu deux rééditions latines à Saint-Pétersbourg, en 1792 et 1824. Il y a en outre une édition en allemand, à Vienne, en 1828.

Voici, comme pour le « Traité du Calcul différentiel », la traduction des titres des divers chapitres.

Remarques préliminaires. Du Calcul Intégral en général.

Livre premier, Première partie, ou Méthode pour rechercher les fonctions d'une variable, connaissant une relation quelconque des différentielles du premier degré.

Section I. De l'intégration des formules différentielles. — *Ch.* 1. De l'intégration des formules différentielles rationnelles. — *Ch.* 2. De l'intégration des formules différentielles irrationnelles. — *Ch.* 3. De l'intégration des formules différentielles par les séries infinies. — *Ch.* 4. De l'intégration des formules logarithmiques et exponentielles. — *Ch.* 5. De l'intégration des formules contenant des angles ou des sinus d'angles. — *Ch.* 6. Développement des intégrales en séries ordonnées suivant les sinus ou cosinus des angles multiples. — *Ch.* 7. Méthode générale pour trouver une valeur approchée d'une intégrale quelconque. — *Ch.* 8. Des valeurs que les intégrales ne reçoivent que dans certains cas particuliers. — *Ch.* 9. Du développement des intégrales en produits infinis.

Section II. De l'intégration des équations différentielles. — *Ch.* 1. De la séparation des variables. — *Ch.* 2. De l'intégration des équations différentielles par l'emploi de multiplicateurs. — *Ch.* 3. De la recherche des équations différentielles qui deviennent intégrables par des multiplicateurs de forme donnée. — *Ch.* 4. De l'intégration particulière des équations différentielles. — *Ch.* 5. De la comparaison des quantités transcendantes contenues dans la forme $\int \frac{Pdx}{\sqrt{(A + 2Bx + Cxx)}}$. — *Ch.* 6. De la comparaison des quantités transcendantes contenues dans la forme $\int \frac{Pdz}{\sqrt{(A + 2Bz + Czz + 2Dz^3 + Ez^4)}}$. — *Ch.* 7. De l'intégration des équations différentielles par approximation.

Section III. De la résolution des équations différentielles, dans lesquelles les différentielles atteignent plusieurs dimensions, ou sont compliquées de transcendantes.

MM. Engel et Schlesinger font précéder leur réédition d'une courte mais intéressante préface sur les nouveautés renfermées dans le Calcul intégral d'Euler, à l'époque de son apparition. Ils y ajoutent un Index bibliographique.

A propos de la notice biographique de Jean Joseph Querret, donnée en 1855, dans son Bulletin de bibliographie d'histoire

ET DE BIOGRAPHIE MATHÉMATIQUES (Paris, Mallet Bachelier, t. 1, p. 105), Terquem signalait une traduction manuscrite du Calcul intégral d'Euler laissée par ce savant, et faisait des vœux pour qu'on en entreprît l'impression. « La traduction du Calcul intégral d'Euler, disait-il, est encore aujourd'hui l'ouvrage le plus clair que l'on puisse mettre entre les mains des élèves, et, en y ajoutant les progrès faits depuis, ce serait le meilleur manuel pour les professeurs. » On ne pourrait plus songer aujourd'hui, comme en 1855, à faire du Calcul intégral d'Euler un manuel classique. L'immortel géomètre a vieilli ; mais il est resté pour les professeurs un incomparable modèle d'exposition et de style, qu'ils ne sauraient trop lire ni trop imiter. « Lisez Euler, lisez Euler, c'est notre maître à tous. » Ce mot de Laplace est toujours vrai.

Sous le titre de *Commentaires analytiques relatifs à la théorie des intégrales elliptiques,* M. Krazer nous donnera, dans les tomes XX et XXI de la première série des Œuvres d'Euler, les mémoires détachés d'Euler sur cette théorie. Nous avons sous les yeux le tome XX. Pour permettre au lecteur l'identification facile des mémoires qu'il renferme, nous ajouterons à la traduction française du titre le texte original latin et nous donnerons l'indication précise de l'endroit du recueil périodique où ils ont été publiés la première fois ; le numéro qui précède chaque titre est le numéro d'ordre de l'Index bibliographique des Œuvres d'Euler de M. Eneström.

N° 28. Exemple de la construction des équations différentielles sans séparation des indéterminées (Specimen de constructione aequationum differentialium sine indeterminatarum separatione). COMMENTARII ACADEMIAE SCIENTIARUM PETROPOLITANAE, 6 (1732/3) 1738 ; pp. 168-174.

N° 52. Solution des problèmes qui exigent la rectification de l'ellipse (Solutio problematum rectificationem ellipsis requirentium). COM. AC. SC. PET. 8. (1736) 1741 ; pp. 86-98.

N° 154. Remarques sur la rectification de l'ellipse (Animadversiones in rectificationem ellipsis). OPUSCULA VARII ARGUMENTI 2, 1750; pp. 121-166.

N° 211. Problème à résoudre proposé aux géomètres : théorème à démontrer proposé aux géomètres (Problema ad cujus solutionem geometrae invitantur; theorema ad cujus demonstrationem geometrae invitantur (NOVA ACTA ERUDITORUM 1754; p. 40).

N° 251. Intégration de l'équation différentielle. (De integra-

tione aequationis differentialis) $\frac{mdx}{\sqrt{(1-x^4)}} = \frac{ndy}{\sqrt{(1-y^4)}}$. Novi commentarii academiae scientiarum petropolitanae 6 (1756/7), 1761, pp. 37-57.

N° 252. Observations sur la comparaison des arcs de courbes qui ne sont pas rectifiables (Observationes de comparatione arcuum curvarum irrectificabilium). Nov. com. sc. petr. 6 (1756/7), 1761, pp. 58-84.

N° 263. Exemple d'une nouvelle méthode pour quarrer et rectifier les courbes et pour comparer entre elles les autres quantités transcendantes (Specimen novae methodus curvarum quadraturas et rectificationes aliasque quantitates transcendentes inter se comparandi). Nov. com. ac. sc. pet. 7 (1758/9), 1761 ; pp. 83-127.

N° 261. Autre exemple d'une nouvelle méthode pour comparer entre elles les quantités transcendantes ; de la comparaison des arcs d'ellipse (Specimen alterum methodi novae quantitates transcendentes inter se comparandi ; de comparatione arcuum ellipsis). Nov. com. ac. sc. pet. 7 (1758/9), 1761 ; pp. 3-48.

N° 264. Démonstration du théorème et solution du problème proposés dans les *Acta Eruditorum* de Leipzig (Demonstratio theorematis et solutio problematis in actis erud. Lipsiensibus propositorum). Nov. com. ac. sc. pet. 7 (1858/9), 1761 ; pp. 128-162.

N° 273. Étude des formules dont l'intégration peut se faire par des arcs de sections coniques. (Consideratio formularum quarum integratio per arcus sectionum conicarum absolvi potest). Nov. com. ac. sc. pet. 8 (1760/1), 1763 ; pp. 129-149.

N° 295. Réduction des formules des intégrales à la rectification des arcs d'ellipse et d'hyperbole (De reductione formularum integralium ad rectificationem ellipsis et hyperbolae). Nov. com. ac. sc. pet. 10 (1764), 1766 ; pp. 3-50.

N° 345. Intégration de l'équation. (Integratio aequationis) $\frac{dx}{\sqrt{(A+Bx+Cx^2+Dx^3+Ex^4)}} = \frac{dy}{\sqrt{(A+By+Cy^2+Dy^3+Ey^4)}}$. Nov. com. ac. sc. pet. 12 (1766/7) 1768 ; pp. 3-16.

N° 347. Développement plus général des formules servant à la comparaison des courbes (Evolutio generalior formularum comparationi curvarum inservientium). Nov. com. ac. sc. pet. 12 (1766/7), 1768 ; pp. 42-86.

N° 448. Nouvelle série infinie très convergente exprimant le périmètre de l'ellipse (Nova series infinita maxime convergens

perimetrum ellipsis exprimens). Nov. com. ac. sc. pet. 18 (1773), 1774; pp. 71-84.

Ce volume se termine par un sommaire du premier mémoire, réédité dans ce volume (N° 28). Ce sommaire eût dû être placé en tête du mémoire; mais il n'a été retrouvé, parmi les papiers inédits d'Euler possédés par l'Académie des Sciences de Saint-Petersbourg, qu'après la réimpression du mémoire. Il nous faut signaler enfin l'intéressante Introduction historique de M. Krazer sur les travaux d'Euler, relatifs aux intégrales elliptiques.

Les deux volumes de la *Mécanique* sont consacrés à la réédition de l'un des premiers en date des ouvrages d'Euler, son traité de Mécanique. Il parut, aussi en deux volumes, sous le titre de *Mechanica sive Motus Scientia analytice exposita auctore Leonhardo Eulero Academiae Imper. Scientiarum membro et matheseos sublimioris professore. Instar Supplementi ad Commentar. Acad. Scient. Imper. Petropoli ex typographia Academiae Scientiarum A. 1736.* L'édition originale est aussi de format in-4°. Les deux volumes sont composés respectivement de 16+480 pages et 14 planches; 8+500 pages et 18 planches. La Bibliothèque de l'Observatoire d'Uccle possède un exemplaire de la première édition. Celle-ci n'avait jamais été rééditée jusqu'ici, et est reproduite dans les *Opera Omnia*, volume par volume. Une traduction allemande de la Mécanique parut à Vienne en deux volumes in-8°, en 1848 et 1850.

Le tome I débute par une dédicace, datée de Saint-Pétersbourg le 1 août 1736, au très illustre et très excellent Jean Albert de Korff, chambellan ordinaire de l'Impératrice (Catherine II) et président de l'Académie Impériale. Puis vient une préface suivie de 6 chapitres dont voici les titres. — *Ch.* 1. Du mouvement en général. — *Ch.* 2. De l'effet des forces agissant sur un point libre. — *Ch.* 3. Du mouvement rectiligne d'un point libre sollicité par des forces absolues. — *Ch.* 4. Du mouvement rectiligne d'un point libre dans un milieu résistant, — *Ch.* 5. Du mouvement curviligne d'un point libre sollicité par des forces absolues quelconques. — *Ch.* 6. Du mouvement curviligne d'un point libre dans un milieu résistant.

Le tome II contient une préface et quatre chapitres. — *Ch.* 1. Du mouvement qui n'est pas libre, en général. — *Ch.* 2. Du mouvement d'un point, dans le vide, sur une ligne donnée. — *Ch.* 3. Du mouvement d'un point, dans un milieu résistant sur une ligne donnée. — *Ch.* 4. Du mouvement d'un point sur une surface donnée.

En tête du premier volume, se trouvent un beau portrait d'Euler d'après le portrait gravé par Weber, et une note de M. Paul Stäckel sur les travaux d'Euler relatifs à la mécanique.

H. Bosmans, S. J.

IV

Notice sur la Vie et les Travaux de Charles Méray, par J. Pionchon, professeur de physique à l'Université de Dijon. In-4°, 158 pp. — Dijon, Marchal, 1912.

Cette notice est extraite de la Revue Bourguignonne, de l'Université de Dijon. Elle nous présente Méray successivement dans son enfance, dans sa carrière de professeur, dans sa vie privée. Le caractère droit mais indocile qui, à l'école, valut maints arrêts au mathématicien en herbe, explique aussi les multiples déplacements du jeune professeur et les difficultés administratives qu'il rencontra. L'œuvre scientifique de Méray est empreinte du même esprit d'originalité indépendante, insoucieuse des ornières, fussent-elles les plus immuables et les plus officiellement consacrées. Les *Leçons nouvelles sur l'analyse infinitésimale et ses applications géométriques* en témoignent. L'universitaire débutant se donna pour tâche de penser à neuf l'enseignement qu'il avait reçu et qu'il devait transmettre. Visiblement impatienté des « ronces et des pierres » qu'il y heurtait, il crut « avoir réussi complètement à le bien niveler, nettoyer, ameublir, à rendre désormais sa culture facile et attrayante ».

Plus encore qu'à son œuvre analytique de synthèse, le nom de Méray restera attaché à la méthode franchement intuitive qu'il osa mettre à la base de la Géométrie élémentaire. Comme le remarquait C. Bourlet, « lorsqu'on lit un livre de Géométrie élémentaire et que l'on cherche à analyser avec soin quelles sont les notions expérimentales *a priori* que la lecture d'un tel livre suppose, on reste stupéfait devant la quantité de faits laissés sans démonstrations, de notions supposées préexistantes, d'affirmations que le bon sens seul justifie. On comprend alors la part énorme de l'intuition et de l'expérience dans les fondements de la Géométrie et l'on cesse de dédaigner les essais

loyaux de Géométrie pure, je ne dis pas basée sur l'expérience, car toutes les Géométries le sont, mais où la part de l'expérience est franchement avouée et mise en évidence »...

Tel est bien le mérite pédagogique, et j'ajouterais volontiers le mérite philosophique de la Géométrie de Méray.

On sait combien le point de vue nouveau mit de temps à se faire jour dans l'enseignement et plus encore peut-être dans les esprits. Publiés en 1874, restés presque inaperçus jusqu'en 1900, les *Nouveaux Éléments de Géométrie* ont, en quelques années, entraîné dans leur sillage tout l'enseignement élémentaire en France et ailleurs. Malgré son succès, le point de vue, pourtant si net et si juste, de la Géométrie de Méray, est encore trop méconnu aujourd'hui. « Peut-être me reprochera-t-on, disait l'auteur dans sa préface, d'avoir augmenté le nombre de propositions énoncées sans démonstrations, et d'avoir sacrifié ainsi une partie de la rigueur absolue que l'on se complaît généralement à attribuer à la Géométrie. A cela je répondrai que les axiomes particuliers à telle ou telle question et même généraux sont en réalité des propositions qu'il est d'usage d'énoncer comme telles, que l'origine première des vérités géométriques est incontestablement expérimentable...; que dès lors cet agrandissement du champ des notions géométriques inaccessibles au raisonnement est plutôt apparent que réel, et en tous cas qu'il est plus conforme à la nature intime de la Géométrie, qu'un échafaudage pénible et sans lien. »

Est-il téméraire d'avancer que de nos jours encore l'explication qui précède ne satisfait pas tout le monde ?

L'originalité très droite de son intelligence n'était chez Charles Méray qu'un des aspects de l'âme loyale, un peu froide peut-être, que révèle sa vie privée. La notice de M. Pionchon pourrait, à ce point de vue, servir de preuve à cette vérité que tout se tient dans la nature d'un homme.

Un index bibliographique très soigné des travaux scientifiques de Méray, ainsi que le texte des discours et articles nécrologiques qui le concernent, terminent et complètent heureusement cette esquisse biographique.

D. T.

V

B. G. Teubner. Verlagskatalog auf dem Gebiete der Mathematik, Naturwissenschaften nebst Grenzwissenschaften. Grosse (102.) Ausgabe, 1908-1912, mit einem Titelbild und 3 Bildnistafeln (In-8° de LXXXVII et 231 pp.) Gratis.

Ce catalogue contient pour les années 1908-1912, la liste alphabétique des publications qui ont paru, qui sont sous presse ou en préparation chez Teubner. Des indications sommaires sur le contenu, l'étendue, la tendance de chaque ouvrage annoncé font du catalogue une vraie contribution à l'histoire des sciences mathématiques et physiques au XXe siècle. Une table systématique faite avec grand soin permet au lecteur de retrouver immédiatement dans l'ouvrage tous les livres relatifs à l'un ou l'autre domaine de la science ; un autre *index rerum* alphabétique très précieux classe encore tous les ouvrages d'après les sujets traités. Les quatre planches donnent les portraits d'Euler, des principaux directeurs de l'Encyclopédie mathématique, des membres allemands de la commission internationale de l'enseignement mathématique et des collaborateurs de la collection *Zur Kultur der Gegenwart*.

Prix Alfred-Ackermann-Teubner. Le chef de la maison Teubner vient de fonder, surtout pour les savants et professeurs allemands, un prix de mille marcs au moins à décerner par un jury composé en majeure partie de professeurs de l'université de Leipzig, aux auteurs de travaux portant successivement sur les subdivisions suivantes des mathématiques. 1. Histoire, philosophie, didactique, enseignement. 2. Théorie des nombres et algèbre. 3. Mécanique. 4. Physique mathématique. 5. Analyse. 6. Astronomie et théorie des erreurs. 7. Géométrie. 8. Mathématiques appliquées ; en particulier, Géodésie et Géophysique. Les prix seront d'abord bisannuels, puis annuels, de sorte que la série des huit matières des concours reviendra au bout de seize ans au début et plus tard au bout de huit.

Nous félicitons vivement M. A. Ackermann de sa générosité vraiment princière en faveur des mathématiques.

P. M.

VI

Bibliothèque de l'Observatoire Royal de Belgique. — Catalogue des Livres, Brochures et Cartes, préparé et mis en ordre par A. Collard, Bibliothécaire de l'Observatoire Royal de Belgique. Tome II, fascicule III. — Bruxelles, Hayez, 1913. Un fascicule in-8°, contenant les pages 385 à 716.

Par le fascicule III du tome II se termine le Catalogue alphabétique de la Bibliothèque de l'Observatoire Royal de Belgique. L'érudit et patient travail de M. Collard ne se prête pas à l'analyse ; il faut se contenter de le signaler et de dire en un mot qu'il est excellent. L'auteur en a fait un utile et commode instrument de travail, non seulement pour les savants qui se servent des riches collections de notre Observatoire Royal, mais encore pour tous ceux qui s'intéressent d'une manière quelconque à l'astronomie et à la météorologie. La Bibliothèque de l'Observatoire est, en effet, spécialement riche en brochures et tirés à part relatifs à ces sciences. M. Collard a pris soin d'indiquer les endroits précis des recueils périodiques où ces opuscules ont été publiés. Ce sont là des renseignements précieux souvent difficiles à se procurer. Par son long et persévérant travail, le modeste et érudit bibliothécaire de l'Observatoire a bien mérité de la science ; nous le félicitons vivement.

H. B.

VII

Les moteurs thermiques dans leurs rapports avec la thermodynamique, par F. Moritz. Un vol. in-4°, 297 pp. — Gauthier-Villars, Paris, 1913.

« De nombreux ingénieurs de machines éprouvent quelque appréhension à examiner de près l'application, cependant presque indispensable, de la Thermodynamique aux moteurs, parce que, d'une part, ils ne trouvent pas commodément les documents complets qui leur permettent d'étudier la question dans son ensemble et que, d'autre part, ils reculent devant l'exécution de calculs qui leur paraissent compliqués.

» Nous avons donc cru bien faire en prenant l'étude de la Thermodynamique depuis ses premiers éléments pour l'appliquer ensuite aux diverses sortes de moteurs thermiques.

» Nous avons réduit les calculs au minimum compatible avec la précision des résultats à obtenir et pensons les avoir rendus fort clairs. »

La tâche que l'auteur précise dans les lignes qu'on vient de lire n'est pas aisée. La Thermodynamique, en effet, même dans ses théories fondamentales, doit recourir à des transformations analytiques assez délicates. En les présentant à des lecteurs qu'il soupçonne ouvertement d'avoir « oublié les notions d'Analyse apprises autrefois », l'auteur ne pouvait oser prétendre ni à beaucoup d'élégance, ni même à une pleine suffisance des démonstrations. Ainsi la détermination de l'ordre de grandeur des infiniment petits mis en jeu est souvent omise. Plusieurs raisonnements sont artificiels et pourraient être simplifiés. La rédaction elle-même est parfois négligée. A propos, par exemple, de l'étude d'un diagramme, l'auteur écrit : « A droite des points A, la vapeur se comporte à peu près comme des gaz parfaits et l'on a des hyperboles équilatères ». « La chaleur nécessaire pour aller de 0° à T le long de cette ligne est... »

Bref, l'ouvrage semble écrit dans une salle des machines par un ingénieur en costume de travail, plutôt que dans le cabinet de travail du professeur préparant une leçon. Les lecteurs auxquels cette étude s'adresse verront là, nous n'en doutons pas, un mérite, que nous ne songeons d'ailleurs pas à contester. Du reste, nous ne pourrions mieux indiquer dans quel but pratique et sur quel plan complet l'ouvrage est conçu qu'en résumant la table des matières.

Chap. I. — Exposé bref et clair des deux principes fondamentaux de la Thermodynamique. On définit leur sens et leur portée pratique. On insiste sur les avantages du diagramme entropique $\left(T \text{ et } \int \frac{dQ}{T}\right)$ et on indique un procédé graphique, permettant de passer du diagramme en p et v au diagramme entropique.

Chap. II. — Application aux gaz parfaits et à la vaporisation.

Chap. III. — Machines à explosion sans et avec compression; machine à combustion avec compression; moteurs atmosphériques; machines Otto et Diesel.

Chap. IV. — Moteurs à vapeur à cylindres.

Chap. V. — Écoulement des vapeurs.

Chap. VI. — Turbines : Étude des turbines axiales théoriques.

Étude pratique en tenant compte des frottements, chocs et tourbillonnements. Calcul des turbines ? Changement du régime de marche des turbines.

Appendice. — Rappel de quelques questions théoriques, à l'usage des ingénieurs dont la science universitaire s'enveloppe déjà des brumes du passé : conditions d'intégrabilité d'une fonction différentielle à deux variables indépendantes. Détermination de la vitesse du son dans un gaz. Théorème des quantités de mouvement.

D. T.

VIII

Traité de Chimie minérale, par H. Erdmann, Directeur de l'Institut de Chimie minérale de la *Technische Hochschule* de Berlin. Ouvrage traduit sur la 5e édition allemande par A. Corvisy. Tome premier : Introduction à la chimie et métalloïdes. Un vol. in-8° de IV-559 pages, avec 243 figures et 2 planches spectrales coloriées. — Paris, Librairie scientifique, A. Hermann et fils, 1912.

Le *Traité de chimie minérale* de H. Erdmann est avantageusement connu en Allemagne. Depuis 1898, où il parut pour la première fois, jusque maintenant, il a eu cinq éditions, et la presse en a fait des rapports fort élogieux. M. Corvisy, Professeur agrégé des sciences physiques au lycée Gay-Lussac et Professeur suppléant à l'école de médecine et de pharmacie de Limoges, en entreprenant la traduction de cet important ouvrage, avait spécialement en vue les élèves de l'enseignement supérieur, qui désirent compléter les leçons de chimie forcément incomplètes qu'ils reçoivent de leurs professeurs. Or, dit-il, « il n'existe pas en France, d'ouvrage de dimensions restreintes offrant de la chimie minérale un tableau précis, suffisamment complet et conforme à l'état actuel de la science... Le livre de M. Erdmann... m'a paru propre à combler une lacune regrettable. »

Le volume qui nous est présenté pour le moment étudie principalement les métalloïdes. Toutefois cette étude est précédée d'une introduction générale d'une centaine de pages. On y trouve, outre certaines lois générales de la chimie, les procédés pratiques pour la détermination des poids spécifiques des corps

solides et liquides, celle des poids moléculaires par la densité des vapeurs, la cryoscopie, l'ébullioscopie, etc. A notre avis, cette « introduction » pourrait prêter flanc à certaines critiques ; car si les lois générales de la chimie y sont parfois traitées trop sommairement, on chercherait plutôt ailleurs d'autres questions qu'on y trouve assez bien développées. Ainsi par exemple, les méthodes du flacon et de la balance hydrostatique se rencontrent dans tout traité, même élémentaire, de physique ; les procédés employés pour la détermination des poids moléculaires sont exposés dans tout ouvrage de chimie organique, où du reste ils sont mieux à leur place. Sept pages consacrées au système métrique étonneront sans doute plus d'un lecteur. Mais n'insistons pas : l'inconvénient, si toutefois il y a inconvénient, est bien faible (1).

Les 460 pages qui restent, les cinq sixièmes environ du volume, sont consacrées à l'étude des métalloïdes, et cette partie nous ne pouvons que la louer. Erdmann étudie avec grand soin chacun des métalloïdes, sans omettre les éléments rares et moins bien connus, ainsi que les combinaisons que les métalloïdes forment entre eux. Énumérons quelques-unes des qualités qui distinguent avantageusement le *Traité de chimie minérale :* L'étude des métalloïdes y est faite d'une manière fort complète. Pour s'en convaincre, il suffit de voir d'abord les chapitres traitant des métalloïdes usuels, par exemple de l'oxygène, du soufre, des corps halogènes et de leurs composés, etc. Mais qu'on examine aussi le chapitre des gaz nobles : argon, hélium, etc. Partout on trouvera une foule de détails qu'on chercherait en vain dans les manuels ordinaires de chimie minérale.

Une autre bonne qualité du *Traité* de M. Erdmann est le soin avec lequel l'auteur a choisi les indications numériques. Quand on parcourt un certain nombre de manuels chimiques, on est surpris de la discordance qu'on y rencontre dans les données numériques. Beaucoup d'auteurs acceptent ces données sans aucun contrôle et entachées souvent de grosses erreurs. Il n'en est pas ainsi dans cet ouvrage. En règle générale, les nombres y sont bien choisis, et ordinairement on verra même de quelles

(1) On se demande pourquoi on donne encore (p. 60) les poids atomiques rapportés à $H = 1$, alors que depuis quelques années déjà la Commission internationale des poids atomiques les rapporte à $O = 16$. Il semble que les discussions théoriques, toujours possibles, ne justifient pas pareille obstination.

autorités ils relèvent. C'est un point fort important, dans pareil ouvrage.

Enfin une troisième qualité du volume en question est le soin avec lequel l'auteur a choisi et décrit les expériences. Outre les expériences habituelles qui sont données avec tous les détails et toute la précision qu'elles exigent, il y a bon nombre d'expériences qu'on ne rencontre pas habituellement dans les manuels de chimie.

Citons quelques exemples : Les nombreuses expériences avec l'oxygène et l'air liquides, celles avec les composés oxygénés de l'azote, particulièrement la reproduction en petit de la synthèse de l'oxyde azotique d'après le procédé de Schœnherr ; l'extraction de l'argon, certaines expériences avec les corps halogènes, avec l'arsenic, et ainsi de suite.

Pour résumer notre appréciation du *Traité de chimie minérale* de M. Erdmann, nous dirons que ce n'est évidemment pas un livre pour le débutant, mais que c'est un excellent traité pour ceux qui sont déjà initiés à l'étude de la chimie, un traité que tout professeur de chimie devrait posséder et que ceux qui suivent un cours assez développé de chimie devraient pouvoir fréquemment consulter. Ajoutons que l'éditeur a fait son possible pour présenter l'ouvrage sous une forme irréprochable.

H. de Greeff, S. J.

IX

Cours élémentaire de Chimie et de Minéralogie, par le docteur C.-I. Istrati et le docteur G.-G. Longinescu, avec une préface de G. Friedel. Deuxième édition française publiée d'après la quatrième édition roumaine, par A. Adam. Un vol. in-8° de xii-400 pp. — Paris, Gauthier-Villars, 1913.

Comme le titre l'indique, c'est bien d'un cours élémentaire qu'il s'agit ici plutôt que d'un manuel. Les professeurs s'en serviront très utilement pour la préparation de leurs leçons, les élèves le trouveraient sans doute trop touffu. Les auteurs suivent assez exactement le plan qu'ils justifient dans la préface. Ils procèdent du connu à l'inconnu, et éliminent des premiers chapitres les équations et théories. Ce n'est pas là une innovation, mais il nous semble que nos auteurs ont suivi cette marche

d'une façon plus heureuse que beaucoup d'autres. Ils ont su se garder de l'introduction *trop hâtive* des formules, plus commodes pour le professeur, mais qui souvent ne disent rien à l'élève. C'est ainsi qu'avant d'aborder l'exposé de la théorie atomique, ils étudient l'hydrogène, l'oxygène, l'eau, les acides, bases et sels, l'acide chlorhydrique, le chlore, le fluor, le brome, l'iode, l'acide fluorhydrique, le soufre, l'hydrogène sulfuré, l'anhydride sulfureux, l'anhydride sulfurique et l'acide sulfurique. L'exposé de la théorie atomique est net et précis. Pour l'étude des différents corps, les auteurs suivent l'ordre classique : historique, préparation, propriétés physiques et chimiques, principaux composés, usages les plus importants. L'exposition est claire, et les expériences indiquées sont bien choisies et suggestives. Notons en particulier qu'elles peuvent souvent se réaliser avec un matériel très simple. L'ouvrage comporte aussi des notions de chimie industrielle succinctes et intéressantes, ainsi que des notions de cristallographie.

Une série de courtes notions biographiques sur les principaux chimistes termine l'ouvrage. Outre une table des matières, une table analytique facilite l'emploi du volume. L'impression et les figures sont irréprochables.

R. D.

X

Influences sismiques, par le Lieutenant-Colonel Delauney. Brochure in-8°, de 28 pages, avec 5 figures. — Paris, L. Geisler, 1913.

Cette étude de statistique comparée a été présentée, en 1912, à l'Académie des Sciences pour le prix Gay et a valu une récompense à son auteur sur le rapport de M. Charles Lallemand.

Dans la présente impression, le texte primitif a été l'objet de légères modifications et simplifications, et s'est enrichi d'un chapitre supplémentaire.

Après avoir indiqué les documents dont il s'est servi pour son travail, et la manière dont il les a utilisés, l'auteur rapproche successivement *le nombre d'éruptions volcaniques et celui des tremblements de terre,* au cours d'une même période ; *les troubles atmosphériques* (ouragans des Antilles et de l'Amérique du Nord) et *les tremblements de terre ; les taches solaires* et les

tourmentes sismiques ; l'*influence du périgée et de l'apogée* de la Lune et celle de *la déclinaison lunaire;* l'*influence mensuelle du Soleil* et celle de *la différence des déclinaisons du Soleil et de notre satellite,* et celle des *Jours lunaires* avec les conséquences qui s'en dégagent ; enfin l'influence du *passage du Soleil par certains* méridiens. Le chapitre supplémentaire s'occupe des influences autres que celles du Soleil et de la Lune et qui semblent sous la dépendance des planètes et, en particulier, de Jupiter.

« Les études auxquelles nous venons de nous livrer, écrit l'auteur, peuvent permettre de prévoir certaines époques dangereuses, mais elles sont impuissantes pour renseigner sur les points menacés. »

En pareille matière, toute conclusion ne peut être qu'extrêmement modeste.

L. R.

XI

Sylviculture. *Manuel pratique à l'usage des propriétaires fonciers, régisseurs de domaines forestiers, reboiseurs et élèves des écoles d'agriculture*, par A. Jacquot, inspecteur des Eaux et Forêts, professeur d'agriculture, lauréat de la Société Nationale d'Agriculture, etc. — Préface de M. Ed. Henry, sous-directeur à l'École forestière de Nancy. In-8° de xiv-263 p., 1913. — Paris et Nancy, Berger-Levrault.

Déjà, en avril 1912, la Revue des Questions scientifiques a analysé un premier ouvrage forestier de M. A. Jacquot. Il était intitulé : *La Forêt, son rôle dans la nature et les sociétés*. Celui que nous présentons aujourd'hui à nos lecteurs ne fait en aucune façon double emploi avec le premier, non plus d'ailleurs qu'avec la *Sylvonomie* de M. Paul Descombes. *La Forêt* était l'ensemble d'une quinzaine de conférences sur le multiple rôle économique, physique, chimique, hygiénique et social de la forêt, et s'adressait d'une manière générale au grand public. Malgré leur titre modeste d'*Éléments*, les leçons de *Sylvonomie* représentent un cours d'enseignement supérieur d'agronomie et d'économie forestières. Le nouveau volume de M. Jacquot, qui pourrait être bien exactement intitulé : « Manuel du parfait forestier »,

correspond à un enseignement secondaire très complet en matière de sylviculture et de tout ce qui s'y rattache.

L'œuvre est essentiellement didactique. L'auteur, qui professe régulièrement la sylviculture au lycée de Chaumont, était mieux qualifié que quiconque pour une telle publication.

Il a divisé son sujet en trois parties.

La première, relativement courte, expose l'utilité industrielle et économique des forêts, les emplois du bois, l'insuffisance de la production ligneuse dans le monde entier, l'influence salutaire des forêts sous les rapports hydrologique, climatologique et sur le régime des cours d'eau.

Dans la deuxième partie, l'auteur entre nettement dans la physiologie de l'arbre considéré isolément et réuni à d'autres arbres, et passe de là aux monographies des principales essences forestières.

La troisième partie, de beaucoup la plus considérable, a pour objet les importantes questions du traitement et de la gestion des forêts, et celle, non moins complexe, des boisements et reboisements sous toutes les formes et dans toutes les conditions où ils peuvent se présenter, suivie de la législation qui les régit, avec une sorte d'appendice sur les sociétés forestières enfantines ou scolaires.

Sans entrer dans une analyse détaillée des matières contenues dans cet ouvrage, ce qui nous entraînerait au delà des limites d'une simple notice bibliographique, nous signalerons quelques points plus particulièrement intéressants à travers l'ensemble.

Tels, dans la première partie, p. 7, un tableau des taux de boisement des différents États de l'Europe avec indication de l'excédent, chez chacun d'eux, des importations en marchandises ligneuses sur les exportations, et deux pages plus loin, un autre tableau donnant les ressources forestières, en dehors de l'Europe, des divers pays du monde entier. Il en résulte que sur la très majeure part du globe terrestre, le taux du boisement serait notoirement inférieur à la moyenne nécessaire.

A l'occasion de la fixation des dunes de Gascogne par la végétation principalement arborescente, nous relèverons une petite inexactitude au moins apparente. L'auteur paraît réunir en une seule deux opérations cependant bien distinctes : cette fixation d'une part, et de l'autre le boisement de la vaste plaine des Landes. L'œuvre de la fixation des dunes fut imaginée, en 1780, par le célèbre ingénieur Brémontier qui mourut en 1809.

Continuée après lui, cette œuvre avait déjà fixé, en 1878, 85 000 hectares de dunes du littoral Sud-Ouest de la France.

Né en 1817, un autre ingénieur, d'un non moindre mérite, après être parvenu à effectuer le nivellement de l'immense plaine inculte et presque sans pentes qui couvre, sur sept à huit cent mille hectares, une part importante des départements des Landes et de la Gironde, — put y faire ouvrir des fossés d'écoulement; grâce à quoi fut rendu possible, à partir de 1849, le boisement en pins maritimes de cette vaste étendue (1).

Les deux œuvres sont donc bien distinctes, et par le but principal de leur exécution et par les temps où elles furent entreprises, bien qu'elles se ressemblent dans une certaine mesure par leur exécution.

Il est à remarquer, au début de la seconde partie, sous le titre de *Terminologie forestière*, une longue liste (elle ne remplit pas moins de neuf pages) avec définitions, très complètes, de tous les termes techniques ou usuels couramment employés en matière de bois et forêts. Cette « terminologie » sera d'une ressource précieuse pour les commençants.

Parmi les monographies des principaux arbres forestiers, l'auteur mentionne, chez les résineux, le « Sapin de Douglas » *(Pseudo-tsuga Douglasii)*, qui n'est « ni un sapin, ni un épicéa, ni un tsuga », essence récemment introduite, dont le jeune brin est d'une reprise extraordinairement difficile à la plantation ; et il passe sous silence le sapin de Nordmann, un véritable sapin celui-là, remarquable par sa rusticité, sa résistance aux gelées et par l'opulence de son feuillage. Il y aurait là, selon nous, une petite lacune.

A l'occasion de l'exposé des modes de traitement en futaie et en taillis, par où débute la troisième partie, l'auteur fournit d'intéressantes données statistiques sur la répartition des forêts de la France en futaies régulières, futaies jardinées, taillis simples et taillis sous futaie ou composés, suivant chaque nature de

(1) Cf. *Assainissement et mise en valeur des landes de Gascogne*, par M. Chambrelent, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. 1878. Paris, Dunod. — M. Chambrelent est mort inspecteur général en 1893. — Voir aussi : *Notice sur les dunes de la Coubre*, par M. de Vasselot de Régné, inspecteur des forêts. Paris, Imprimerie Nationale, 1878, — *Notice forestière sur les landes de Gascogne*, par M. Croisette-Demoyers, garde général des forêts. Clermont (Oise). Imp. Daix, 1874. — Voir également l'*Economie forestière*, de G. Huffel, 1904, t. Ier, chap. V, II, *Les Landes de Gascogne*.

propriétaire : État, — communes ou établissements publics, — et particuliers.

Une indication significative au sujet des taillis composés est celle de la grande différence des prix obtenue pour des coupes d'âges peu différents, dans une forêt de peuplements homogènes. Deux coupes de 24 ans se sont vendues à raison, l'une de 85 fr., l'autre de 76 fr. l'hectare; et deux autres coupes âgées de 28 et 29 ans, ont obtenu respectivement 130 et 124 fr. à l'hectare, soit une plus value de 41 p. c. dans l'un des cas, de 63 p. c. dans l'autre. Et voilà un exemple du grand avantage qu'il y a, au seul point de vue économique, à élever, ne fût-ce que de quatre ou cinq ans, l'âge d'exploitation des taillis.

Au chapitre *Entretiens et améliorations*, l'auteur se montre, sauf deux ou trois exceptions très restreintes, nettement contraire aux élagages en forêt. Cette question fut très débattue naguère. Deux grands propriétaires forestiers du département de l'Aisne, le Vicomte de Courval et le Comte des Cars, avaient préconisé cette méthode dans deux opuscules fort remarqués, il y a quarante ou cinquante ans. Ils avaient cependant obtenu, chez eux, des résultats satisfaisants ; mais les essais ultérieurs pratiqués ailleurs ne paraissent pas avoir confirmé ces premières expériences.

Un paragraphe très important du même chapitre est relatif aux incendies et développe tout ce qui s'y rattache : causes, modes d'extinction, précautions à prendre, nature du ravage causé, estimation du dommage par la formule $a = r \times \frac{t}{(1+t)^n - 1}$, dans laquelle a représente la *feuille* c'est-à-dire l'annuité, r la valeur en argent de la coupe exploitable, t le taux auquel fonctionne la forêt considérée. Cette formule est analogue à celle que n'emploie pas, mais que devrait employer le fisc, pour la détermination de l'impôt sur la propriété boisée. Celle-ci, en effet, est assimilable à un capital placé à intérêts composés ; la quantité de matériel dont s'accroît chaque année le peuplement, autrement dit *la feuille,* est l'annuité de ce capital. En sorte que la valeur en argent d'une coupe de bois représente, en même temps que le revenu, une portion du capital. Passons maintenant sous silence tous les détails de la gestion d'une forêt; arpentage, balisage, martelage et récolement des coupes, cubage et estimation, vente, tenue des calepins, exploitation et traite des bois, etc.

Quant au *Reboisement* qui suit, les vingt ou trente pages com-

prises sous cette rubrique contiennent, comme il a été dit plus haut, un petit traité sobre, mais suffisamment détaillé des semis, de la plantation, préparation du terrain, choix des essences, culture préalable en pépinière et législation sur la matière.

C. DE KIRWAN.

XII

ÉLÉMENTS DE SYLVONOMIE. ÉCONOMIE ET POLITIQUE FORESTIÈRES. Cours libre professé à la Faculté des Sciences de Bordeaux, par PAUL DESCOMBES, Directeur honoraire des Manufactures de l'État. — *Publication de l'Association centrale pour l'Aménagement des Montagnes.* — Préface de M. MARCEL PRÉVOST, de l'Académie française. Un vol. in-12 de 322 p. — Bordeaux, Gounouilhou, 1913 (1).

Il a déjà été parlé, et à plusieurs reprises, dans ce recueil, de plus d'une des questions traitées dans l'ouvrage dont le titre précède. Mais elles sont présentées ici sous un jour nouveau, en harmonie avec l'évolution qu'elles ont subie, et suivant une vue d'ensemble qui en fait un véritable corps de doctrine.

L'apologie de l'arbre, ce « dieu Sylvestre », comme l'appelle M. Marcel Prévost dans la lettre-préface adressée à l'auteur, doit s'appliquer non seulement à l'arbre considéré isolément, mais aussi et surtout à l'arbre croissant avec un grand nombre de ses pareils en massifs plus ou moins étendus.

Encore tout cela ne donne-t-il pas une idée adéquate du sujet traité; car la montagne pastorale y occupe une place importante à côté de la forêt elle-même (*Saltus* ou *Sylva*).

L'agronomie forestière, ou Sylvonomie (puisque *Sylvonomie* il y a) est, à la culture des bois, ce que l'agronomie proprement dite ou rurale est à la culture des champs. Notamment elle

(1) La seule critique, ou à peu près, que l'on puisse adresser à l'important ouvrage dont nous allons parler, est une querelle de mots. Coudre ensemble un mot latin *(Sylva)* et un mot grec (νόμος) pour en faire un mot français est un procédé peu heureux. Voulant exprimer en un seul terme l'idée rendue par *sylvonomie*, il fallait dire : *hylènomie* (ὕλη) ou *drumonomie* (δρυμός). Mais pourquoi n'avoir pas utilisé l'ancienne expression d'*agronomie forestière* intelligible à tout le monde (ἀγρός, champ), ce qui eût évité de créer un néologisme ?

relève et groupe en un ensemble harmonieux les diverses données soit économiques ou financières, soit climatologiques et hydrologiques qui se rattachent aux diverses branches de la sylviculture. Elle comprend aussi le côté juridique de ces questions et la *politique forestière*, en prenant ce mot dans le sens restreint de mode de gestion.

L'auteur expose d'abord la place que tient la forêt dans l'outillage économique d'une nation : production du bois, action du reboisement sur la « repopulation », travaux publics, défense contre l'inondation, navigation intérieure. Puis il aborde le problème forestier... et pastoral ; car le problème est double; et ses deux termes, loin d'être irréductibles l'un à l'autre, comme une fausse conception l'admettait naguère, sont au contraire corrélatifs et se prêtent un mutuel concours.

La formation, sous ses diverses formes, du capital forestier; les particularités qui affectent cette nature de propriété, et la question très complexe, objet d'ardentes discussions, du mode d'application de l'impôt aux forêts, se rattachent au « Problème forestier ». Des vœux motivés en faveur d'une plus juste et plus équitable détermination et répartition de l'impôt qui pèse sur la propriété forestière privée ont été formulés, notamment par la Société nationale d'Agriculture de France, et sont relatés dans cette partie de l'ouvrage de M. Paul Descombes.

Un chapitre très important, malgré sa brièveté, est celui qui a pour titre : *La crise des forêts*. Écrit spécialement pour la France, ce chapitre, comme au surplus l'ouvrage tout entier, peut trouver son application, sinon dans tous les États propriétaires de bois, du moins dans un grand nombre d'entre eux, en Europe aussi bien qu'en Amérique. Cette crise provient surtout des déboisements dont l'auteur indique les causes générales et permanentes, de la dépréciation des bois de feu d'une part et d'autre part — ce qui, au premier abord, semble paradoxal — de la valeur croissante des bois d'œuvre, celle-ci résultant de l'insuffisance de la production du monde entier.

Nous arrivons aux chapitres VII et VIII, remplissant à eux seuls la moitié du volume et concernant l'un la *Politique forestière*, l'autre *Le problème en montagne*.

La « politique forestière » n'est pas, comme bien l'on pense, de la *politique* au sens courant et usuel de ce mot. Il signifie ici le mode d'action d'un État sur la gestion générale des forêts comprises dans l'intérieur de ses frontières ou dans ses colonies.

Cette gestion est *étatique* quand l'État possède, ou tend à

réunir dans son domaine, comme en Allemagne, le plus grand nombre ou, si possible, la totalité des forêts, s'estimant seul capable de les gérer au mieux de leur utilité économique pour le pays et des mesures conservatoires qu'elles réclament.

Dans la conception opposée, la gestion de l'État est nulle, sa politique forestière est *abstentionniste*. Il ne se mêle de rien.

Mais cette politique peut être *coercitive*, le concours de l'Etat se réduisant à une réglementation purement prohibitive. Contrairement à l'opinion de l'auteur, ce système a donné, à certains égards, d'excellents résultats sous le régime de l'Ordonnance de 1669, élaborée par Colbert et promulguée par Louis XIV, c'est-à-dire depuis cette époque jusqu'à la Révolution. Comparativement surtout à l'état de choses qui avait précédé et à celui qui a suivi immédiatement et jusqu'à la mise en pratique du Code forestier de 1827, l'application de l'Ordonnance a été éminemment conservatoire.

Mais, autres temps, autres mœurs et autres institutions. La politique forestière *coercitive* de Louis XIV et de Colbert serait aujourd'hui d'une part trop rigoureuse et insuffisamment respectueuse du droit de propriété, et d'un autre côté insuffisante.

La conception de politique forestière qui paraît devoir prévaloir aujourd'hui au moins dans les États d'origine latine, est celle dite *libérale*, où l'État, respectant, dans la mesure du possible au regard du bien public, les droits et les intérêts privés, encourage par tous les moyens en son pouvoir les initiatives individuelles et corporatives pour la conservation et l'accroissement de la richesse forestière tant au point de vue économique qu'à tous les autres.

D'importantes mesures législatives ont été récemment adoptées en France en ce sens, d'autres sont en préparation.

Dans ce qui précède, le problème forestier a été envisagé dans sa généralité, qu'il s'agisse de la plaine, des coteaux ou de la montagne proprement dite. Arrivé à celle-ci, ce problème prend une physionomie spéciale : il englobe la question pastorale, l'origine des cours d'eau, le régime des torrents, le soutien des terres, la protection des hautes vallées... et finalement la politique sylvico-pastorale, indiquant et précisant les rôles respectifs de l'État, des propriétaires privés, des initiatives collectives et désintéressées.

Le volume se termine par une annexe touchant l'estimation de la valeur des forêts en fond et superficie, avec tables des

coefficients au moyen desquels se peuvent réduire à de simples multiplications les différents cas du problème dont la formule génératrice est $x = \left(\frac{100+t}{100}\right)^n$. Dans celle-ci, comme on sait, t représente le taux de placement, n le nombre d'années à l'expiration desquelles sera exploité un massif forestier donné, ce qui répond au nombre d'années pendant lequel un capital correspondant serait placé à intérêts composés au taux t.

Telle est, exposée à grands traits, la substance de ce volume. Sa conclusion se résume en cette observation que les États, dans les multiples solutions du complexe problème, peuvent faire beaucoup, mais ne peuvent pas *tout faire ;* que par ailleurs ils peuvent *tout empêcher* en aplanissant les obstacles et déblayant le terrain de toutes les causes de destruction ou d'amoindrissement énumérées et décrites dans le corps de l'ouvrage.

C. de Kirwan.

XIII

La sécrétion pancréatique, par M. Émile F. Terroine. Un vol. in-8°, 133 pages. — Paris, Hermann et fils, 1913.

Ce volume fait partie de la collection de monographies publiées par M. Dastre et ses collaborateurs, sous le titre « Questions biologiques actuelles ». Sans conteste, le mécanisme de la sécrétion pancréatique est une question biologique des plus actuelles, et l'auteur du présent travail n'avait pas à s'excuser, comme il le fait, de l'exiguité de son sujet : il en est de beaucoup plus minces. Car la sécrétion pancréatique, outre son importance très grande pour la digestion, a révélé récemment, dans son mécanisme intime, un ordre absolument nouveau de corrélations et de régulations, que l'on put qualifier de « réflexe chimique » et rattacher à l'action biochimique plus générale des « hormones ». Jusqu'en ces dernières années, la mise en train de la sécrétion externe du pancréas était attribuée à une activité réflexe purement nerveuse ; les belles recherches de Pawlow et de ses élèves semblaient confirmer cette manière de voir, lorsque Bayliss et Starling, puis d'autres, à la suite d'expériences menées avec une admirable — et presque schématique — rigueur de méthode, se virent amenés à modifier du tout au tout le principe

d'explication des phénomènes constatés : le chyme acide, passant de l'estomac dans le duodénum, au lieu d'y déclancher un réflexe excito-sécrétoire, provoque, dans la muqueuse intestinale, la formation d'une substance chimiquement définissable, sinon encore définie, la *sécrétine*. Cette sécrétine, charriée par le sang jusqu'au contact des cellules sécrétrices du pancréas, y stimule la formation des sucs digestifs que l'on connaît. M. Terroine rapporte, avec une clarté parfaite, les expériences qui permirent, successivement, d'isoler à coup sûr ce mécanisme humoral de tout mécanisme nerveux, puis d'établir la spécificité et le mode d'action des sécrétines, de les distinguer d'une vasodilatine et d'autres produits qu'elles convoient fréquemment, et ainsi de suite. Sur les points controversés l'auteur indique généralement l'opinion qui lui paraît la plus probable ; parfois, par exemple pour expliquer l'action des savons sur la muqueuse duodénale, il risque une ingénieuse hypothèse, conforme à la connaissance meilleure que nous avons actuellement des équilibres chimiques : la note personnelle n'est donc pas absente de ce travail. Toutefois, ce qui y paraîtra sans doute le plus appréciable, c'est l'exactitude, la netteté et la riche information de l'exposé. Ainsi conçue et réalisée, cette monographie constitue un véritable instrument de travail : c'est le meilleur éloge qui puisse se faire d'une publication de ce genre.

Dr. J. Maréchal, S. J.

XIV

Histoire des Relations de la Russie avec la Chine sous Pierre le Grand (1689-1730) par Gaston Cahen, Chargé de missions scientifiques en Russie par le Ministère de l'Instruction publique, Ancien pensionnaire de l'École française de l'Extrême-Orient ; Docteur ès lettres. — Paris, Alcan, 1912. Un vol. in-8° de 274, ccxvii et 4 pages.

Les relations de la Russie avec la Chine sous Pierre le Grand furent surtout économiques et commerciales ; à ce titre leur histoire intéressera les lecteurs de la Revue. Ce sont mes recherches sur Ferdinand Verbiest, qui m'ont conduit à lire le volume de M. Cahen. Dans les premières entrevues diplomatiques russo-chinoises, les Chinois ne comprenaient pas le russe ;

les Russes ne savaient ni le chinois, ni le tartare, mais parlaient le latin. Verbiest conçut le projet de faire accepter aux deux partis le latin comme langue diplomatique. Les Jésuites serviraient d'interprètes. Quels avantages la religion ne retirerait-elle pas d'un pareil service rendu à de si grands empires ? A cette action politique de notre grand missionnaire, j'ai consacré un article spécial sous le titre : *Le problème des relations de Verbiest avec la Cour de Russie*. Ce travail, pour le moment sous presse, paraîtra bientôt dans les Annales de la Société de l'Émulation de Bruges.

Au dernier quart du XVIIe siècle, la Russie et la Chine vivaient dans un état permanent d'hostilité sourde, envenimée périodiquement par les désordres des aventuriers russes qui pénétraient dans le bassin de l'Amour, et par les sanglantes escarmouches livrées entre les hordes d'irréguliers des deux nations, qui se provoquaient aux frontières. Russie et Chine avaient cependant un égal besoin d'entretenir des relations mutuelles de bon voisinage ; la Russie pour des motifs économiques, la Chine pour des raisons militaires. L'empire des tsars était pauvre ; il lui importait de pouvoir échanger les fourrures de la Sibérie contre l'or, l'argent et les riches marchandises chinoises. D'autre part, la politique séculaire des Fils du Ciel consistait à garantir la sécurité des frontières de la Chine propre, par une ceinture de peuples tributaires. Mais, pour les maintenir dans la soumission, la Chine devait pouvoir compter sur la neutralité bienveillante de la Russie. Des intérêts bien différents conduisaient ainsi les deux empires à désirer un même résultat, la paix.

Un traité fut signé entre la Russie et la Chine, à Nertchinsk, en 1689. La Chine y ouvrait assez largement au commerce russe ses portes jalousement fermées jusque là. Ce succès à peine remporté, l'État russe fit une dure expérience. Plus novice en affaires qu'en politique, se laissa-t-il éblouir par les avantages stipulés dans le traité de Nertchinsk en faveur du commerce russe ? Toujours est-il qu'il prétendit monopoliser le commerce avec la Chine entre ses mains et qu'il essaya d'en exclure les particuliers ; en un mot, l'État serait le seul marchand russe autorisé à faire le commerce avec la Chine. Cette tentative échoua misérablement. Battu par la concurrence privée, grâce à la connivence tacite de la Chine, que rien n'engageait à s'opposer à la contrebande des fraudeurs ; trompé et volé de toute manière par ses propres agents, l'État russe dut, après quarante ans d'efforts aussi énergiques qu'inutiles, renoncer à la lutte et

s'avouer complètement battu. Tel est à grands traits le résumé du volume de M. Cahen. On entrevoit combien il est curieux et instructif. Voici les titres des chapitres.

Introduction. La rivalité de la Russie avec la Chine à la fin du XVIIe siècle. — *Ch. I*. L'ambassade de Théodore Aléxiéévitch Golevin. — *Ch. II*. La politique douanière de la Russie en Extrême-Orient à la fin du XVIIe siècle et au commencement du XVIIIe. — *Ch. III*. Premières relations de la Russie avec la Chine après le traité de Nertchinsk : Isbrants Ides (1692-1695). — *Ch. IV*. Les caravanes russes en Chine dans les vingt premières années du XVIIIe siècle. — *Ch. V*. L'ambassade de T'ou-li-tch'en chez les Tourgouthes de la basse Volga (1712-1715). — *Ch. VI*. Relations de la Russie avec les Kalmouks dans le premier quart du XVIIIe siècle. — *Ch. VII*. L'ambassade de Léon Vasil'évitch Ismaïlov (1719-1722). — *Ch. VIII*. D'Ismaïlov à Sava Vladislavitch : Lang (1721-1725). — *Ch. IX*. L'ambassade de Sava Vladislavitch (1725-1728). — *Ch. X*. La caravane de 1727-1728. Réorganisation douanière à la mort de Pierre le Grand. — *Ch. XI*. Relations religieuses de la Russie avec la Chine : la mission orthodoxe à Pékin. *Conclusion*.

Le volume de M. Cahen est une thèse de doctorat. Comme beaucoup de thèses, il est parfois un peu dur à lire ; mais ce léger défaut est largement compensé par une érudition sûre et très riche. Les renseignements de tout genre abondent dans les notes du bas des pages ; les documents de quelque étendue ont été rejetés en appendice à la fin du volume, les pièces justificatives écrites en russe sont accompagnées d'une traduction française : bref, M. Cahen a mis à notre disposition une source commode et inépuisable d'information. Notons surtout l'ampleur donnée à la bibliographie du sujet. L'ouvrage se termine par un Index des noms propres.

H. B.

XV

Introduction a la physique aristotélicienne, par Auguste Mansion, chargé de cours à l'Université de Louvain. — Louvain, Institut de Philosophie ; Paris, Alcan. Un vol. in-8° de IX-209 pages, de la collection « *Aristote. Traductions et Études* », publiée par l'Institut Supérieur de Philosophie de l'Université de Louvain. Prix : 6 francs.

L'impression que l'esthète éprouve à contempler les tableaux des primitifs, le philosophe moderne la ressent à être mis en rapport avec l'œuvre d'Aristote. Une naïveté de pensée et d'expression, qui parfois nous fait sourire, y voisine avec les éclats d'un génie qui nous jette dans une admiration profonde.

La représentation du monde que se fait le Stagirite pose les solides fondements du temple grandiose de cette « *philosophia perennis* » auquel chaque génération apporte sa pierre. Aussi, l'Institut supérieur de philosophie de l'Université de Louvain mérite-t-il la reconnaissance des penseurs, pour avoir entrepris une traduction et un commentaire critique des travaux d'Aristote.

Le présent volume apporte à cette œuvre une contribution de valeur. L'auteur occupe la chaire d'interprétation aristotélicienne à l'Université de Louvain. L'ouvrage qu'il présente au public renferme l'exposé et la mise en œuvre des principes et des idées directrices contenues dans les livres I et II de la *Physique* d'Aristote.

M. Mansion voit dans ces deux livres une introduction générale au reste du traité et même aux ouvrages subséquents du Stagirite, ayant pour objet la philosophie et la science de la nature. Ces ouvrages forment une collection assez bien ordonnée. On doit y reconnaître au dessus et à côté de la classification matérielle que la tradition nous a léguée, une véritable suite logique.

Un premier groupe d'écrits cosmologiques et physiques est formé par la *Physique,* le *Traité du Ciel*, celui de la *Génération et de la Corruption*, et la *Météorologie*, dont l'ordre de succession paraît bien établi. Une seconde série se compose de deux groupes moins complets, celui des traités psychologiques (*De Anima* et *Parva naturalia*) et celui des écrits zoologiques, auxquels il faudrait rattacher l'ouvrage perdu sur *les Plantes.* Suivant la méthode aristotélicienne, ces groupes contenant des études plus spéciales se subordonnent à la première série où sont envisagés les problèmes plus généraux relatifs au monde physique. Les deux premiers livres de la *Physique,* qui servent d'introduction à ce traité, commandent donc en même temps toute la suite des ouvrages subséquents.

Une réserve s'impose cependant. Le livre premier ne fait que résoudre une question préalable : la possibilité de la science physique. Par hypothèse, la science de la nature a pour objet les corps et leur devenir. Si ce devenir n'est pas réel, il n'y aura

plus de physique. Or, dans l'École d'Élée, on affirmait l'unité, l'immobilité de l'être. Aristote crut devoir rencontrer d'abord ces doctrines, et leur opposa sa théorie de la matière, de la forme et de la privation. Au moyen de ces trois principes des corps et du devenir corporel, il parvenait à se dégager de l'étreinte des raisonnements opposés par les Éléates, à la possibilité de changement.

Après la solution de cette question préliminaire, l'auteur aborde avec Aristote dans le livre II, ce qu'il regarde comme la véritable introduction à la physique. Il y distingue deux parties : une première est consacrée à la définition de la nature et à celle de la physique, une seconde a trait à la méthode.

M. Mansion analyse longuement (ch. III) la définition classique de la nature, comme principe interne de mouvement, et les preuves qu'Aristote donne de sa conception. Il rapproche de cette définition, les déviations de sens que le mot nature a subies souvent sous la plume du Stagirite. Il relie à cette étude un examen approfondi du phénomène *naturel,* opposé aux effets de la violence et aux productions tératologiques.

La définition de la nature, une fois établie, permet d'aborder (ch. IV) la détermination précise de l'objet de la physique. L'auteur rappelle la place que, dans sa classification du savoir théorique, Aristote assigne à la philosophie de la nature. à côté de la métaphysique et de la science mathématique. Il s'attache surtout à distinguer l'objet de cette dernière, de celui de la physique. L'une et l'autre, en effet, atteignent de quelque façon la réalité corporelle. Les notions subtiles de matière sensible et de matière intelligible, dont S. Thomas tirera plus tard sa théorie du principe d'individuation, servent ici à introduire la distinction nécessaire. Une discussion étendue était indispensable pour en fixer le sens et, par suite, la valeur vraie. L'auteur ne s'y est point dérobé et en a poursuivi l'examen sous toutes les faces. Les résultats de son enquête sont ensuite appliqués au domaine de la géométrie et de l'arithmétique pour marquer comment elles se distinguent de la physique. Les mêmes principes servent encore, grâce à une légère mise au point, à séparer du champ de la physique pure, les mathématiques appliquées, telles l'astronomie, l'optique ou l'harmonique.

La méthode d'Aristote en physique (ch. V) peut se caractériser par l'importance qu'il accorde à l'*expérience* et à l'*induction*. Elles lui fournissent les éléments et les principes dont il tirera son explication du monde matériel. Ce n'est point pourtant à

ces questions générales de méthode qu'il s'attache dans la *Physique*, mais plutôt à la recherche des causes qui doivent faire l'objet des investigations du physicien. Celui-ci aura pour tâche de déterminer les quatre genres de causes qui peuvent intervenir dans la production des phénomènes naturels. Comme la source de ces phénomènes est la nature, cette étude reviendra à exposer les diverses formes que prend la causalité de la nature.

M. Mansion a donné une extension assez grande à cette partie de son travail. Il étudie successivement la nature comme cause efficiente, comme forme et comme matière, puis surtout comme cause finale (chap. VI). Le problème de la finalité a particulièrement fixé son attention. Examinant la conception que s'en fait Aristote et la valeur de cette notion dans la théorie du grand penseur, il en écarte résolument toute interprétation anthropomorphique. Il montre l'unité et la cohérence de cette doctrine dans toutes les formes qu'elle prend, à travers toutes les applications qui en sont faites.

Un chapitre (ch. VII) sur les obstacles à l'activité téléologique de la nature, complète l'exposé. Ces obstacles sont, d'une part, la nécessité aveugle, provenant d'antécédents qui contrecarrent un processus naturel; d'autre part, le hasard qui produit des effets exceptionnels dans une série ordonnée. Une analyse minutieuse fait ressortir la divergence de ces deux notions. Elle explique comment néanmoins les réalités causales auxquelles elles correspondent sont identiques.

Armé de ces conclusions, on peut résoudre le problème du déterminisme chez Aristote (ch. VIII). Celui-ci semble, plus d'une fois, adhérer nettement à une conception contingentiste du cours des phénomènes naturels. Sa théorie de la causalité de la nature doit, au contraire, l'amener à établir dans la réalité physique, un véritable déterminisme. La place qu'il paraît laisser à la contingence est une simple conséquence de sa méthode, qui donne la prépondérance aux explications finalistes des phénomènes et ne tient pas compte des faits exceptionnels, dominés par la nécessité brute.

La conclusion de l'ouvrage est consacrée aux caractères principaux de la physique aristotélicienne. Celle-ci a un caractère mixte. Elle n'est point purement intellectualiste. Sans doute, la forme, l'idée y occupent une place prépondérante; mais toujours, à côté d'elles, apparaissent la matière, le devenir, l'élément obscur et dépourvu, dans une certaine mesure, d'intelligibilité. Sans perdre de vue ces restrictions, Aristote s'est attaché

à faire de la physique un système intelligible. Dans la mesure du possible, il a voulu que l'intelligence pénétrât réellement le monde matériel.

L'analyse à laquelle nous venons de soumettre ce remarquable travail, suffit à montrer la façon dont l'auteur domine son sujet. Elle n'a point su donner l'impression de la richesse des matériaux utilisés, de la somme de travail dépensée à suivre scrupuleusement les moindres nuances d'une pensée déconcertante parfois, obscure le plus souvent par la concision de l'expression. Tel paragraphe, dont l'importance échappe au non initié, réalise un rapprochement judicieux de textes permettant de résoudre certaines antinomies troublantes dans la théorie d'Aristote. C'est le cas, par exemple, dans le problème de la finalité et du déterminisme.

NICOLAS BALTHASAR.

XVI

LA TEORIA DELLA CONOSCENZA IN S. TOMASO D'AQUINO, par M. DOMENICO LANNA, docteur en philosophie et en théologie. Un vol. petit in-8° de VIII-305 pages. — Firenze, Libreria editrice fiorentina, 1913.

Nous dirons quelque bien de ce volume. Confessons pourtant que nous avions espéré pouvoir en dire davantage : car le sujet exprimé dans le titre « La théorie de la connaissance chez saint Thomas » est d'une si évidente opportunité, et les éléments d'une critique thomiste de la connaissance flottent si manifestement en l'air, si l'on peut dire, qu'en cette matière chacun attend, avec plus ou moins d'impatience, le livre « définitif ». Or les pages de M. Lanna ne constituent point ce livre définitif, encore qu'elles puissent y acheminer. Nous devrons donc indiquer, en toute franchise, pourquoi l'ouvrage que nous analysons nous paraît fort estimable, mais aussi comment, à notre sens, il aurait pu être meilleur.

Tel quel, c'est un bon livre sans conteste. D'abord dans sa partie expositive. Avec clarté et précision il rappelle, en les groupant, les principaux traits descriptifs et critiques de la gnoséologie thomiste. Et l'exposé est fidèle, de cette fidélité du moins qui garantit contre tout escamotage et même contre toute déformation inconsciente de la pensée explicite et formulée de S. Thomas.

Ce n'est point assez dire : M. Lanna fait mieux : au lieu d'une compilation consciencieuse, mais amorphe, au lieu d'un groupement sans perspective, il nous donne un résumé organique, où certains axiomes fondamentaux sont bien mis en valeur. Rien de plus juste, par exemple, que l'insistance avec laquelle il souligne le rapport étroit entre l'ontologie du composé humain — esprit et matière — et la nature spéciale de notre connaissance humaine. Bonnes remarques aussi sur la vérité du jugement et la finalité qu'elle trahit. Puis, quelles perspectives bien thomistes n'ouvre pas cet intitulé de chapitre : « Il vero come finalità suprema della conoscenza e come ultimo fine di tutto l'universo » !

Mais ici, tempérons la louange. M. Lanna professe un thomisme un peu timide encore : le chapitre si largement intitulé, auquel nous faisions allusion, nous a déçu, en dépit de — ou peut-être à cause de — son titre prometteur. On ne s'y sent pas soulevé par le souffle audacieusement idéaliste du vrai thomisme. On a l'impression (serait-elle totalement fausse ?) d'y être emprisonné trop étroitement dans les limites de l'entendement, c'est-à-dire de l'intelligence appliquée à l'expérience sensible, et de ne point, en somme, dépasser notablement le point de vue kantien : nous parlons d'un kantisme bien compris et non pas du kantisme fictif de trop nombreux manuels. Sans doute M. Lanna ne nie pas la validité de l'usage transcendant de l'intelligence, mais il ne montre pas assez sur quoi repose, d'après S. Thomas, cette validité. Volontiers nous lui poserions une question, car elle est topique : comment définir et comment justifier la valeur positive de la connaissance analogique, la légitimité des affirmations relatives au monde ultraphénoménal ? Le recours à l'expérience sensible n'est plus ici que d'un médiocre secours ; car la légitimité de ces affirmations supérieures ne peut dépendre de l'esprit en tant qu'il est forme du corps, mais seulement de l'esprit en tant qu'il est touché directement par l'absolu et exerce, au moins inchoativement, une activité qui réponde à sa finalité propre de forme subsistante. Peut-être l'auteur eût-il trouvé dans l'étude de la connaissance angélique selon S. Thomas quelques données utilisables. Mais nous sommes les premiers à reconnaître qu'ici la pensée profonde du Docteur angélique demande à être dégagée et parfois interprétée.

Or, ce travail délicat d'exégèse et d'interprétation ne saurait être superflu pour qui cherche dans le thomisme une réponse aux exigences de la philosophie moderne. En effet, se fût-on mis

d'accord — entre thomistes et modernes — sur la valeur d'une métaphysique de l'entendement, qu'il resterait à assurer le sort du domaine entier de la raison. La critique kantienne n'est pas facile à esquiver. Il nous paraît insuffisant d'opposer en bloc à ses conclusions agnostiques la position traditionnelle et correcte du thomisme : une pure affirmation peut commander une attitude, mais ne suffit pas à réfuter, moins encore à éclairer. Il eût fallu montrer, surtout peut-être sur le terrain de la connaissance rationnelle, comment le thomisme satisfait réellement à tous les postulats légitimes de la Critique. Et nous croyons bien que pour remplir cette tâche, l'auteur aurait trouvé profit à reprendre d'abord le développement du problème critique depuis les origines de la philosophie moderne, chez les grands classiques, au lieu d'instituer d'emblée une comparaison, forcément schématique et superficielle, avec des philosophes contemporains, qui ne sont pas tous de premier ordre : un excès d'opportunisme diminue quelque peu la portée du présent volume.

A cette appréciation générale pourraient se rattacher plusieurs réserves de détail : nous n'avons pas l'espace de les exposer ici. Nous souhaiterions, par exemple, un complément ou un tempérament plus explicite au « principe de potentialité » de la faculté connaissante ; nous regrettons de n'apprendre que peu de chose sur l'apriorité de l'espace et du temps ; sur le rapport exact du schème et du concept ; sur la valeur précise des éléments de représentation dans l'idée ; sur la relation entre la finalité de l'intelligence, la finalité totale du sujet, la volonté proprement dite et l'action ; sur la nature de jugements primordiaux, comme ceux d'identité et de causalité ; sur la fonction synthétique de l'intellect actif, etc. Mais M. Lanna nous objectera que S. Thomas ne parle pas expressément de tout cela ; et ceci nous amène à préciser une divergence de point de vue, qui nous sépare, craignons-nous, de l'anteur. Celui-ci semble supposer qu'entre le siècle de S. Thomas et notre époque, la différence des situations philosophiques se ramène à peu près à une inégalité d'érudition scientifique : au fond, les attitudes spéculatives seraient les mêmes ; le progrès de la philosophie thomiste consisterait surtout, dès lors, dans un enrichissement des données empiriques y afférentes. Disons sans ambages que l'assertion nous paraît inexacte, et que, du point de vue strictement métaphysique, nous ferions bon marché de l'accroissement quantitatif du matériel des sciences. Quelque chose s'est modifié à l'intérieur même

de la pensée philosophique. Sans doute, le problème critique, qui a dominé les derniers siècles, naissait déjà, ou mieux, renaissait, au moyen âge : mais il y était encore dans les langes ; il s'est, depuis, précisé, affiné, subtilisé... Et les conditions de travail qu'il impose au philosophe contemporain sont infiniment plus lourdes que celles qu'il imposait jadis. Nous pensons, comme M. Lanna, que le thomisme, continuateur des grandes métaphysiques de l'antiquité, possède de quoi faire droit à toutes les exigences raisonnables. Mais le trésor qu'il recèle n'est pas totalement monnayé. Il nous reste à repenser le thomisme en fonction des philosophies modernes, afin de reconnaître les identités foncières et les oppositions essentielles. De la sorte, notre philosophie s'enrichirait de tout l'effort de pensée déployé en dehors d'elle ; puis elle achèverait de se purger de tout alliage étranger : alliage qui sera moins souvent, croyons-nous, de l'idéalisme intempérant que de l'empirisme dissimulé.

Après cela, répétons que le livre de M. Lanna, s'il ne répond pas complètement à notre idéal, n'en est pas moins un travail consciencieux et utile, qui pourra contribuer à dissiper quelques malentendus préjudiciables à la rénovation thomiste.

J. Maréchal, S. J.

XVII

Soirées au Lac de Genève. Discussions religieuses, par M. Morawski, S. J., professeur à l'Université des Jagellons à Cracovie. Traduit du polonais. Un vol. in-8°, de 312 pages. — Bruges, G. Geuens-Willaert, 5, Place St-Jean, 1913.

Le titre de cet ouvrage recouvre une fiction ; son sous-titre en indique l'objet.

Le hasard des rencontres a réuni, dans un hôtel des bords du Lac de Genève, un groupe d'intellectuels, gens d'esprit et de bonne compagnie, d'éducation religieuse et d'opinions philosophiques différentes, mais tous également soucieux des problèmes les plus élevés. Ils aiment à se retrouver, le soir, sur la terrasse de l'hôtel, pour échanger leurs idées. Tour à tour la discussion s'engage avec une aisance courtoise sur *La religion et l'humanité*, *La science et la foi*, *Le problème du mal*, *Le Christianisme*

et les autres religions, La personne du Christ, Le catholicisme et le protestantisme, Les églises nationales; elle se poursuit avec calme mais non sans vigueur : préjugés et objections entrent en ligne au moment opportun; un prêtre catholique, le porte-parole de l'auteur, y répond avec beaucoup de science et un bon sens acéré.

L'accueil que cet ouvrage a rencontré nous dispense d'en faire l'éloge : il a eu, en quelques années, cinq éditions en polonais, six en allemand, trois en russe, une en hongrois, en croate et en espagnol. Nous souhaitons à la traduction française un égal succès.

J. T.

XVIII

L'Agriculture au Katanga : Possibilités et Réalités, par A. Hock *(Instituts Solvay. Actualités sociales)*. 305 p. Bruxelles, Misch et Thron, 1912.

M. Hock avait fait, en 1910, une première prospection agricole au Katanga. Il fut chargé par l'Institut Solvay d'une seconde mission et séjourna une année dans la partie méridionale de notre colonie. C'est beaucoup, si l'on considère les frais et les difficultés de pareils séjours; c'est peu, si l'on prétend arriver à des conclusions fermes. L'auteur s'en est rendu compte. Aussi, sans prétendre résoudre le problème de la colonisation au Katanga, s'attache-t-il plutôt à en préciser, par l'observation des faits, les principales données.

Il distingue très opportunément les facteurs « d'ordre agrologique », presque fixes, et les autres, plus variables. Après une description de la région, il aborde l'examen des points suivants : 1° le climat, du point de vue de la culture et de la colonisation ; 2° les sols : leur formation, leur composition, leur fertilité ; 3° l'appropriation des sols à la culture ; 4° les cultures économiques possibles ; 5° l'élevage des animaux domestiques ; 6° le régime agraire ; 7° la main-d'œuvre indigène ; 8° les débouchés de l'agriculture du Katanga et la concurrence ; 9° les systèmes de culture adoptables ; 10° le passé agricole du Katanga ; 11° les conjonctures de la colonisation agricole. Une carte hors texte et de nombreuses phototypies ornent l'ouvrage.

A qui voudrait se former une opinion sur l'avenir agricole du Katanga, un rapprochement s'impose entre le livre de M. Hock et les travaux sur le même sujet de M. E. Leplae, professeur à l'Université de Louvain.

V. F.

XIX

La Politique des Transports, par G. De Leener *(Instituts Solvay. Actualités sociales)*. x-320 pages. — Bruxelles, Misch et Thron, 1913.

Les industriels, les législateurs, les fonctionnaires des Ponts et Chaussées et des Chemins de fer trouveront dans cet ouvrage une documentation et des vues suggestives.

L'auteur envisage les transports du point de vue économique exclusivement. Il part de ce principe que la politique de l'État en matière de transports ne doit s'inspirer ni de préoccupations fiscales, ni de protectionnisme en faveur d'intérêts locaux ou privés, mais viser à outiller le pays, en lui fournissant, au plus bas prix mais quitte à couvrir les frais de revient, les meilleurs moyens de transport. Un plan réfléchi de dépenses pour l'outillage des transports devrait être substitué à la politique de circonstance.

Pour la Belgique et sauf les expéditions par le Bas-Escaut à destination du Bassin rhénan, l'expérience a démontré que la voie ferrée est économiquement supérieure à la voie d'eau. Mais il faudrait tirer de nos voies ferrées le maximum de rendement.

Pour cela, une réforme des méthodes de l'État belge s'impose : réduction des prix de revient des transports par rail ; réorganisation du trafic qui permette une diminution des nouvelles dépenses ; augmentation du tonnage des marchandises transportées sans multiplication des trains ; agrandissement des gares de formation, etc. L'administration, elle aussi, devrait être réformée sur le modèle des Compagnies françaises, des Chemins de fer de l'Est prussien et surtout des Chemins de fer fédéraux suisses. Il serait particulièrement désirable d'empêcher les interventions insolites du Parlement dans l'administration et d'assurer la sélection du personnel d'après le mérite.

Le principe de la tarification au prix de revient doit dominer les tarifs. L'État belge devrait commencer par déterminer, dans

la limite du possible, ses prix de revient, qu'il en est encore à ignorer. La comparaison avec les prix en vigueur sur les réseaux étrangers semble indiquer la possibilité de les abaisser.

Quant aux transports par eau, il faut s'opposer à tout nouveau sacrifice pour l'extension de la navigation intérieure, sans toutefois compromettre la situation existante.

Pour les relations maritimes, l'avenir du pays est lié au développement et au perfectionnement du port d'Anvers. Mais ce port suffit pour servir les intérêts généraux du pays. L'État devrait refuser son aide à la création d'autres ports maritimes. Que les pouvoirs locaux y pourvoient, si toutefois ils trouvent intérêt à multiplier les ports côtiers et les ports intérieurs.

Telles sont les conclusions de M. De Leener. Elles prêtent à discussion ; mais les faits signalés, les comparaisons établies entre les transports belges et les transports étrangers, les critiques et les plans de réforme esquissés suggèreront au lecteur compétent des réflexions fécondes.

V. F.

REVUE
DES RECUEILS PÉRIODIQUES

HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES

—

La Bibliotheca Mathematica (1). — Dans ce volume, le *Traité de la mesure du paraboloïde d'Ibn al-Haitham,* publié par M. Suter (2) appelle avant tout l'attention. El-Hasan ben el-Haitam, ou plus brièvement, Ibn al-Haitam, naquit à Basra entre les années 960 et 970 de notre ère — on ne saurait préciser davantage — et mourut au Caire vers 1025. Il passa la plus grande partie de sa vie en Égypte. Longtemps fort oublié, ce fut néanmoins un mathématicien de grande valeur. M. Wiedemann, d'Erlangen, avait le plus contribué jusqu'ici à appeler l'attention sur Ibn al-Haitam (3), mais le mémoire que nous

(1) *Bibliotheca Mathematica.* Zeitschrift für Geschichte der mathematischen Wissenschaften. Herausgegeben von Gustaf Eneström, 3e série, t. XII, Leipzig, Teubner, 1912.

(2) *Die Abhandlung über die Ausmessung des Paraboloides von el-Hasan ben al-Hasan ben al-Haitham. Uebersetzt und mit Kommentar versehen.* von Heinrich Suter, pp. 289-332.

(3) *Zu Ibn al-Haithams Optik,* von Eilhard Wiedemann. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik; Leipzig, Vogel, tome III, 1912, pp. 1-53.

Ibn al-Haitams Schrift über parabolische Hohlspiegel, von J. L. Heiberg und E. Wiedemann. *Bibliotheca Mathematica,* 3e série, t. X, Leipzig, Teubner, 1909-1910, pp. 201-237.

Ibn al-Haithams Schrift über sphärischen Hohlspiegel, von E. Wiedemann. Même volume, pp. 293-307.

Voir en outre sur *Ibn al-Haitam,* l'ouvrage publié par M. Suter lui-même : *Die Mathematiker und Astronomen der Araben und ihre Werke.* Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften, t. X, Leipzig, Teubner, 1900, pp. 91-95.

donne aujourd'hui M. Suter, nous montre dans le savant Arabe un géomètre de tout premier ordre. Voici le problème qui fait l'objet du *Traité de la mesure du paraboloïde :*

Considérons un arc de parabole, la corde qui sous-tend ses extrémités, et le diamètre conjugué à cette corde. Ibn al-Haitham étudie non seulement le volume du solide de révolution engendré par le secteur parabolique formé par le diamètre, la demi-corde et l'arc intercepté, quand le secteur tourne autour du diamètre ; mais il évalue de plus le volume du solide de révolution engendré par l'arc de parabole tournant autour de la corde. M. Suter semble croire ce dernier problème nouveau même aujourd'hui. Je n'ai pas cherché à contrôler l'exactitude de l'assertion, car au fond il importe assez peu. Mais avoir eu, au XIe siècle, l'idée de traiter pareil problème avec les moyens dont on disposait alors, voilà, à coup sûr, qui n'est pas le fait du premier venu. Le problème ne présenterait-il pas de l'intérêt même aujourd'hui, si on proposait de le résoudre par l'emploi exclusif des mathématiques élémentaires ? Voilà cependant les termes dans lesquels il se présentait alors. La solution d'Ibn al-Haitham est précédée d'une série de lemmes arithmétiques, pour lesquels force nous est de renvoyer au mémoire de M. Suter.

Ce mémoire se divise en deux parties : 1° Traduction allemande du texte arabe ; 2° Commentaire. La traduction n'est pas à proprement parler littérale ; les égalités et les signes des opérations (addition, soustraction, multiplication, élévations aux puissances) sont exprimés en notations algébriques modernes, qui n'existent évidemment pas dans le texte arabe. L'idée est heureuse, car le traité d'Ibn al-Haitham est assez original pour intéresser tous les mathématiciens, même ceux qui n'étudient pas d'une manière spéciale l'histoire de leur science.

En écrivant son traité, Ibn al-Haitham ne paraît pas avoir connu les travaux d'Archimède sur les sujets analogues ; il est cependant particulièrement curieux de comparer les méthodes du géomètre arabe à celles des continuateurs chrétiens du Syracusain, aux XVIe et XVIIe siècles, par exemple, de Luc Valerio et de Stevin (1).

(1) Voir : *Sur quelques exemples de la méthode des limites chez Simon Stevin*, par H. Bosmans, S. J. ANN. DE LA SOC. SCIENT. DE BRUXELLES, t. XXXVII, 1912-1913 ; 2e partie, pp. 171-199.

Les démonstrations par l'analyse infinitésimale chez Luc Valerio, par H. Bosmans, S. J. Même vol., 2e partie, pp. 221-228.

Voici les titres des autres articles principaux de la *Bibliotheca :* La mise en œuvre de l'étude des sources dans l'histoire des mathématiques, par G. Eneström (1). Le mémoire sur le Quarastûn, par Eilhard Wiedemann (2). Il s'agit sous ce nom étrange du mémoire de dynamique par le géomètre arabe Tâbit ben Qurra et connu sous le nom de Liber Carastonis. M. Duhem s'en est occupé à diverses reprises (3). L'algèbre d'Abu Kamil Shoja' ben Aslam, par L. Karpinski (4). Les manuscrits mathématiques de la Bibliothèque S. Marc à Florence, par A. A. Björnbo (5). Le problème du premier emploi de l'algorithme de Newton, dans la méthode des fluxions, par A. Witting (6). Sur la notation espagnole U dans le sens de « mille », par F. Cajori (7). Pour l'histoire des séries infinies au milieu du XVIIe siècle, par G. Eneström (8). La rectification de l'ellipse chez les mathématiciens japonais, par Yoshio Mikami (9). Les premières recherches d'Euler sur les équations différentielles linéaires d'ordre supérieur à coefficients variables, par G. Eneström (10). Sur les précurseurs de l'invention du théorème de Taylor, par Eneström (11). Notice biographique sur A. A. Björnbo, par J. L. Heiberg (12).

(1) *Ueber die Bedeutung von Quellenstudien bei mathematischer Geschichtsschreibung*, von G. Eneström, pp. 1-20.

(2) *Die Schrift über den Qarastûn*, von Eilhard Wiedemann, pp. 21-39.

(3) *Des origines de la statique*. Paris, Herman, 1905-1906, t. I, pp. 79-93 et 353, t. II, p. 301.

(4) *The Algebra of Abu Kamil Shoja' ben Aslam ;* by Louis Karpinski, pp. 40-45.

(5) *Die mathematischen S. Marco Handschriften in Florenz*, von Axel Anthon Björnbo, pp. 97-132 et 193-224.

(6) *Zur Frage der Erfindung der Algorithmus des Newtonschen Fluxionsrechnung*, von A. Witting, pp. 56-60.

(7) *On the Spanish symbol U for « thousands, »* by Florian Cajori, pp. 133-134.

(8) *Zur Geschichte der unendlichen Reihen um die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts*, von G. Eneström, pp. 135-148.

(9) *The rectification of the ellipse by Japanese mathematicians ;* by Yoshio Mikami, pp. 225-237.

(10) *Die ersten Untersuchungen Eulers über höhere lineare Differentialgleichungen, mit variablen Koeffizienten*, von G. Eneström, pp. 238-241.

(11) *Zur Vorgeschichte der Entdeckung des Taylorischen Lehrsatzes*, von G. Eneström, pp. 333-336.

(12) *Axel Anthon Björnbo*, von J. L. Heiberg, pp. 337-344.

L'Histoire des mathématiques chinoises et japonaises, par Yoshio Mikami (1). — Ce n'est pas un chef-d'œuvre ; j'éprouve quelque regret à devoir le dire dès le début. Il y a trois ans, l'auteur nous avait donné un essai intéressant sur l'état actuel des mathématiques chez les peuples de l'Extrême-Orient (2). Pour beaucoup de savants de notre vieille Europe le volume fut une révélation. Comment Chinois et Japonais avaient-ils fait de tels progrès ? Les comptes rendus prodiguèrent les éloges à M. Mikami. C'était justice.

Encouragé par le succès, M. Mikami a voulu nous donner une esquisse du « Développement des mathématiques en Chine et au Japon » ; en d'autres termes, une histoire des mathématiques de ces deux peuples. Cette fois il a été moins heureux. La crainte, assez peu fondée semble-t-il, d'être devancé l'a déterminé à travailler vite, beaucoup trop vite. Conséquence : M. Mikami s'est mal documenté. Il écrit pour les Européens, c'est le but avoué de son livre. Pourquoi ne pas mieux s'enquérir alors de ce que les lecteurs connaîtraient déjà? Bien entendu, en disant cela, je ne parle pas tant des écrits sur l'histoire des mathématiques japonaises ou chinoises qui sont éparpillés dans des recueils spéciaux parfois difficiles à trouver. Il est permis de les ignorer au Japon. Même en Europe ce sont souvent des raretés bibliographiques. Mais voici qui est plus grave : l'auteur ignore absolument quelques grands instruments généraux de travail, indispensables cependant à tous les écrivains qui parlent des affaires chinoises des XVIIe et XVIIIe siècles auxquelles furent mêlés des Européens. Tel est le « Catalogue » où le P. Pfister (3) identifie les noms européens et chinois des pères jésuites qui travaillèrent en Chine ; telle est encore la « Bibliothèque de la Compagnie de Jésus » des PP. De Backer et Sommervogel. Si M. Mikami avait eu ces ouvrages sous la main, il n'eût pas dû avouer son ignorance de certains faits vraiment par trop connus. En voici deux exemples : l'européen Lung Hua-ming est identifié avec un

(1) *The development of mathematics in China and Japan, by Yoshio Mikami.* Leipzig, Teubner, 1912. ABHANDLUNGEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATISCHEN WISSENSCHAFTEN MIT EINSCHLUSS IHRER ANWENDUNGEN. BEGRUENDET VON MORITZ CANTOR, t. XXX. Un volume de x-347 p., avec 67 figures.

(2) *Mathematical papers from the far East. compiled and edited by Yoshio Mikami.* Leipzig, Teubner, 1910. C'est le t. XXVIII, de la collection précédente.

(3) *Catalogus patrum ac fratrum e Societate Jesu qui a morte S. Fr. Xaveri ad annum MDCCCLXXII Evangelio Xti propagando in Sinis allaboraverunt.* Shanghai, typis A. H. De Carvalho, 1873.

certain Congobardi (?). Le point d'interrogation est de M. Mikami. Or il eût suffi d'ouvrir le P. Pfister pour reconnaître sous le nom chinois le très célèbre père Nicolas Longobardi, successeur immédiat de Mathieu Ricci, comme supérieur des jésuites en Chine. Quant à Tou Tê- mei, dont M. Mikami regrette de ne pas mieux savoir la biographie, c'est, comme il le dit d'ailleurs, le P. Pierre Jartoux S. J. ; mais Sommervogel lui eût appris en outre quelques dates importantes. Jartoux naquit à Embrun, le 2 août 1669, entra dans la Compagnie de Jésus, le 28 septembre 1687 ; enseigna, en Europe, la grammaire, les humanités et la rhétorique, puis fut envoyé en Chine, où il arriva le 9 septembre 1702. Il mourut à Péking, le 30 novembre 1720. Pierre Jartoux est resté aussi célèbre en Europe qu'en Chine, à cause surtout de sa collaboration à la carte de l'Empire chinois levée sous la direction du P. Regis S. J.

M. Mikami est bien excusable, me dira-t-on, de connaître moins exactement que nous certaines particularités relatives aux mathématiciens européens qui travaillèrent en Chine. Les jésuites notamment tenaient si volontiers leurs frères d'Europe au courant de leurs moindres travaux ! J'en demeure d'accord. Mais il faut néanmoins le constater, les mathématiciens chinois eux-mêmes ne sont guère étudiés par M. Mikami dans leurs œuvres originales. L'auteur ne s'en cache pas ; c'est une justice à lui rendre. Il importe cependant d'appeler sur la principale source d'information de M. Mikami l'attention des historiens qui se serviraient de son livre. C'est que les Chinois possèdent eux aussi un historien des mathématiques ou plutôt des mathématiciens ; le fameux Yüen Yüen, auteur d'une collection de biographies d'astronomes et de mathématiciens, en 46 fascicules. Depuis longtemps on souhaite en posséder une traduction dans quelque langue européenne. M. Mikami a puisé ses principaux renseignements sur les anciens mathématiciens chinois dans la collection d'Yüen Yüen. Mais que lui emprunte-t-il au juste? Ce n'est pas toujours clairement indiqué et l'on reste parfois hésitant. Quoi qu'il en soit, ce sont ces emprunts faits à Yüen Yüen qui rendent l'ouvrage de M. Mikami utile à consulter, pourvu qu'on le fasse avec précaution.

La *Vie des mathématiciens*, par Yüen Yüen, existe à la Bibliothèque Nationale de Paris (1). Dans son *Catalogue des livres*

(1) *Nouveau Fonds chinois*, n° 420.

chinois, *coréens*, *japonais*, etc., qui sont à la Bibliothèque Nationale, M. Maurice Courant décrit l'ouvrage en ces termes (1) :

« Vie des mathématiciens, avec une préface de Yüen Yüen (1799), qui est peut-être l'auteur de l'ouvrage et qui l'a fait graver à Yang-tcheou; traitant des mathématiciens chinois rangés par époques depuis les temps légendaires jusqu'à la dynastie régnante (liv. 1-42), et des étrangers depuis Méton jusqu'à Cassini, Képler, etc. (liv. 43-46). » C'est un grand in-8°, tiré sur papier blanc, relié en 2 volumes au chiffre de Louis-Philippe.

Dans son introduction (2), M. Mikami est plus affirmatif que M. Courant, et regarde Yüen Yüen comme l'auteur de l'ouvrage. M. Mikami a probablement raison ; mais à condition d'entendre le mot *auteur* à la mode chinoise. Yüen Yüen s'est fait aider par des collaborateurs.

Les critiques précédentes sont relatives surtout à la première partie de l'ouvrage de M. Mikami, l'histoire des mathématiques chinoises ; je ne suis guère à même de porter un jugement motivé sur la deuxième, l'histoire des mathématiques japonaises.

Le calcul infinitésimal avant Descartes et Fermat. par A. Aubry (3). — M. Aubry conçoit l'histoire des mathématiques d'une manière fort différente de M. Eneström et appartient à l'école de M. Zeuthen. Je ne critique pas, je constate, chacune des deux méthodes étant à mon avis excellente. Chez M. Aubry nous ne trouverons presque pas de renseignements bibliographiques. L'auteur a lu les ouvrages dont il nous parle dans les textes originaux et demande à être cru sur parole. Le procédé a du bon, mais offre l'inconvénient de rendre le contrôle de certaines affirmations difficile, parfois même impossible. Il a d'autre part le mérite sérieux de ne pas distraire l'attention.

Ceci dit, voici d'abord si l'on veut une simple chicane, mais à laquelle j'attache quelque importance. D'avance je le recon-

(1) Paris, Leroux, 1900, p. 63 ; n°s 1094-1905.

(2) P. VI, en note.

(3) *Le Calcul infinitésimal avant Descartes et Fermat*, par A. Aubry. ANNAES DA ACADEMIA POLYTECHNICA DO PORTO. Publicados sobra direcção do F. Gomes Teixeira ; t. VII, Coimbra 1912, pp. 160-185. L'article est écrit en français.

nais, M. Aubry a pour lui, contre moi, deux hautes autorités : MM. Zeuthen (1) et Heath (2).

D'après M. Aubry, pour Archimède « la quadrature revient à sommer tous les petits rectangles inscrits ou circonscrits, ou à envisager le rectangle fictif qui aurait pour base la somme des bases de ces rectangles, et pour hauteur l'équidistance des tranches ». Jusqu'ici, pas d'observations. Mais M. Aubry ajoute : « ce qu'on peut représenter par l'*Intégrale* »

$$\lim \Sigma_o^a \, y\Delta x = \int_o^a y dx.$$

Appliqués aux quadratures et aux cubatures effectuées par les Grecs, le mot *Intégrale* et la notation $\int_o^a y d\,x$ m'ont toujours semblés incorrects, voire même choquants. Il faudrait s'en tenir à l'expression : *Somme de rectangles infinitésimaux*; et à la notation : $\lim \Sigma_o^a \, y\Delta x$.

Pratiquement, je le sais bien, les deux expressions et les deux notations sont pour nous équivalentes. Mais en quoi diffèrent-elles ? Précisément par une idée qui manquait aux Grecs et fut l'une des grandes découvertes du XVIIe siècle : la notion même de l'*Intégrale*. Que le problème des quadratures fut l'inverse de celui des dérivées, aucun Grec ne l'entrevit. Or, comment faire abstraction du concept des dérivées, quand, à propos de quadratures, on parle d'intégrales ? Les artifices si ingénieux, imaginés par les Grecs pour sommer les infiniment petits, ne consistent jamais à imaginer une fonction primitive, dont la fonction proposée serait la dérivée. Voilà bien cependant ce qui distingue à proprement parler l'intégration, d'avec les autres procédés de sommation des suites illimitées.

A des savants tels que MM. Aubry, Zeuthen et Heath, en tout ceci je ne dis rien qu'ils ne sachent mieux que moi ; mais, à des géomètres qui n'ont ni le temps ni l'occasion d'étudier les Œuvres mêmes d'Archimède, leur parler d'intégration, est-ce

(1) *Histoire des Mathématiques dans l'Antiquité et le Moyen âge*, par H. G. Zeuthen. Édition française traduite par Jean Mascart. Paris, Gauthier-Villars, 1902 ; pp. 142-154 et 156.

(2) *The Works of Archimedes edited in modern notation with introductory chapters*, by T. L. Heath. Cambridge. At the University press, 1897. Introduction, ch. VII. Anticipations by Archimedes of the integral calculus ; pp. CXLIII-CLIV.

bien le moyen de leur faire connaître le véritable esprit des méthodes du Syracusain ?

Remarque d'un autre genre, où je suis beaucoup plus assuré d'obtenir l'approbation de M. Aubry. Après Archimède, dit-il, l'homme qui le premier fit faire aux méthodes infinitésimales un progrès considérable, les révolutionna même, c'est Képler. La révolution est grande en effet, et si l'affirmation de M. Aubry était exacte, il y aurait là, dans l'histoire du calcul infinitésimal, quelque chose de « paradoxal ». J'emploie le mot de M. Aubry lui-même, dans une lettre qu'il a bien voulu m'écrire sur le sujet. En réalité, le paradoxe n'existe pas. Entre Archimède d'une part, Képler, et j'ajouterai Cavalieri de l'autre, il manque dans l'étude de M. Aubry deux noms : Stevin et Valerio.

On pouvait prévoir l'importance de l'influence de Valerio. Dans sa *Géométrie des indivisibles* (1), Cavalieri le cite, à l'égal d'Archimède et de Képler, parmi les auteurs dont il s'est inspiré. Le rôle joué par Stevin était plus inattendu. Le géomètre brugeois change complètement le caractère des démonstrations édifiées au moyen des quantités qui tendent vers zéro. Le premier, il renonce au lourd raisonnement indirect de la méthode d'exhaustion, pour donner aux démonstrations la forme élégante et directe du passage à la limite. J'ai traité ce sujet en détail dans des mémoires spéciaux sur Stevin (2) et Valerio (3); j'y renvoie le lecteur.

Autre omission à signaler dans la liste des ouvrages des précurseurs de Képler analysés par M. Aubry : Le traité *De Centro Gravitatis* de Commandino (4). Commandino cherche, il est vrai, à imiter le plus possible les démonstrations et même le style d'Archimède ; mais il a le mérite de montrer comment les démonstrations s'appliquent sans modifications aux solides. Stevin invoque fréquemment l'autorité de Commandino, comme je l'ai dit dans mon mémoire mentionné ci-dessus.

Parmi les auteurs auxquels s'arrête M. Aubry, ce m'est un

(1) *Geometria indivisibilibvs continvorvm nova quadam ratione promota* Avthore P. Bonaventvra Cavalerio Mediolanensi... Bononiae, M.D.LIII. Ex typographia duci Deis. (Obs. d'Uccle). Voir la préface. La première est de Bologne 1639 (Univ. de Louv.).

(2) *Sur quelques exemples de l'emploi de la méthode des limites, chez Simon Stevin.* Cité ci-dessus.

(3) *Les démonstrations par l'analyse infinitésimale, chez Luc Valerio.* Cité ci-dessus.

(4) *Federici commandini urbinatis liber di centro gravitatis solidorum.* Bononiae, ex officina Alexandri Benacii, 1565 (Univ. de Gand.)

plaisir particulier de voir Willebrord Snellius. Dans sa note sur l'*Histoire du calcul infinitésimal entre les années 1620 et 1660* (1), M. Aubry avait une première fois appelé l'attention sur le *Typhis Batavus* (2) de Snellius. J'en ai rendu compte dans mon BULLETIN D'HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES d'octobre 1912. Il revient aujourd'hui à ce rare et très curieux ouvrage, mais en renvoyant, pour le détail, à son premier mémoire.

Vient enfin Cavalieri. M. Aubry signale notamment chez lui le théorème suivant :

Si trois solides de même hauteur sont tels que la section par un plan parallèle à la base dans l'un d'eux soit égale à la somme des sections des deux autres, il en est de même pour les trois solides.

« De là, ajoute M. Aubry, une élégante démonstration du volume de la demi-sphère, en la coupant par un plan parallèle à l'équateur, ainsi que le cylindre circonscrit et le cône à 45° ayant son sommet au centre de la sphère et même base que le cylindre. »

Ceci demande à être un peu précisé. Cette élégante démonstration de la cubature de la demi-sphère n'est pas de Cavalieri, comme on pourrait le croire d'après cette phrase de M. Aubry, mais bien de Luc Valerio (3). Cavalieri l'a certainement connue et plus que tout autre a dû l'admirer. C'est évidemment le théorème de Valerio qui a inspiré à Cavalieri le beau théorème général, dont réciproquement ce dernier le déduit.

Ces quelques divergences de vue exprimées ici n'infirment en rien l'excellence du mémoire de M. Aubry ; je le recommande vivement à l'attention du lecteur.

L'inventaire des œuvres d'Euler, par G. Eneström (4). — J'ai dit ici en octobre 1910, tout le mérite de la première partie

(1) ANNAES DA ACADEMIA POLYTECHNICA DO PORTO, t. VI, Coimbre 1911, pp. 82-89.

(2) Lugduni Batavorum, *Ex Officina Elzeviriana*, anno 1624 (Bibl. Roy. de Belgique, V. H. 29522).

(3) *De Centro Gravitatis Solidorum Libri Tres. Lucas Valerii Mathematicae et Philosophiae Civilis in Gymnasio Romano professoris.* Romae, Typis Bartholomaei Bonfadini. MDCIIII (Univ. de Louv.). Liv. II, prop. XII, pp. 17-20.

J'ai résumé la démonstration de Valerio, dans mon mémoire cité ci-dessus, pp. 220-221. Note du bas des pages.

(4) *Verzeichnis der Schriften Leonhard Eulers*, von Gustaf Eneström. Leipzig, Teubner, 1913, JAHRESBERICHT DER DEUTSCHEN MATHEMATIKER-VEREINIGUNG (Ergänzungbände), t. IV, pp. 209-388.

du travail de M. Eneström. Après trois ans, l'auteur nous en donne la fin. Elle est digne des mêmes éloges ; je ne m'y attarde pas. La richesse et l'exactitude de l'information de l'auteur sont vraiment admirables.

Le fascicule actuel comprend :

Des additions au classement des Œuvres d'Euler, d'après la date de leur publication (pp. 210-217).

Appendice. Bibliographie des Œuvres de Jean Albert Euler (pp. 218-222).

La bibliographie des Œuvres de Jean Albert a été publiée une première fois, par M. Paul Stäckel (1) et j'en ai donné le compte rendu à la suite de celui de l'inventaire des Œuvres d'Euler. Jean Albert était fils du grand Léonard et travailla beaucoup sous sa direction. Si la rédaction des mémoires est de Jean Albert, les idées en sont souvent de Léonard ; aussi la bibliographie des œuvres du fils inspirées par le père a-t-elle sa place indiquée à la suite de celle des œuvres de ce dernier.

Deuxième partie : Les Œuvres d'Euler classées d'après la date de leur composition (pp. 223-270). J'ai dit dans mon compte rendu de la première partie de l'inventaire de M. Eneström l'utilité de cette classification. On verra avec intérêt que la date de leur composition n'a pas pu être déterminée pour toutes les Œuvres d'Euler (pp. 269 et 270), mais le nombre des mémoires pour lesquels cette date reste encore indécise est relativement petit.

Troisième partie : Les Œuvres d'Euler classées par ordre des matières (pp. 271-340). Cette troisième partie nous semble avoir été la plus difficile. C'est, en tous cas, la plus importante, car elle sert de point de départ à la répartition des travaux d'Euler, dans les divers volumes de la réédition de ses Œuvres complètes, dont quelques-unes ont déjà paru.

Index alphabétique (pp. 341-388). Très étendu, puisqu'il ne comprend pas moins de 48 pages à deux colonnes d'un texte très serré, cet Index s'étend à tout, noms propres et matières.

(1) *Johann Albrecht Euler* von Paul Stäckel. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 55e année ; Zurich, 1910. En Appendice. Cette liste est plus étendue que celle de M. Eneström, qui a naturellement exclu de la sienne les travaux d'Albert auxquels Léonard n'a pas collaboré.

Sur deux Introductions à la Géométrie de Descartes, par H. Wieleitner (1). — La science progresse lentement et n'avance pas par bonds prodigieux. A plusieurs reprises j'ai défendu cette thèse, notamment à propos de la notation algébrique et des découvertes de Viète (2) et de Descartes (3). Je vois avec plaisir M. Wieleitner reprendre une thèse analogue des plus vraies ; j'allais dire la même thèse sous une forme un peu différente : on ne connaît exactement le progrès apporté, par un auteur, à la notation algébrique, que par ses œuvres originales ; ses successeurs immédiats, ses contemporains mêmes modifient cette notation et la perfectionnent.

Prenons Viète, par exemple ; il est certain qu'on jugerait trop favorablement les notations de l'édition princeps de l'*Isagoge* ou des *Zététiques*, si on s'en formait une idée par la réédition de Van Schooten (4). Il en est de même de la Géométrie de Descartes, dit M. Wieleitner. En preuve il apporte deux ouvrages écrits par des contemporains du philosophe, en guise d'introduction à sa Géométrie.

Le premier est intitulé : *Calcul de Mons. Descartes*. Il parut en manuscrit, en 1638 et circula sous cette forme, entre savants. Il n'y avait là rien que de très normal pour l'époque. M. Henri

(1) *Ueber zwei algebraische Einleitungen zu Descartes « Géométrie »*. Von Gymnasialprofessor Dr H. Wieleitner in Pirmasens, BLAETTER FÜR DAS GYMNASIAL-SCHULWESEN, herausgegeben von Bayerischen Gymnasiallehrerverein, redigiert von Dr Eduard Stemplinger, t. 49, Munich, 1913, pp. 299-313.

(2) *L'Algèbre de Pedro Nuñez*, par H. Bosmans S. J. ANNAES DA ACADEMIA POLYTECHNICA DO PORTO. 3. Coïmbre, 1908. Dans ce mémoire j'ai tâché de montrer dans Nuñez un précurseur de Viète.

(3) *La première édition de la « Clavis Mathematica » d'Oughtred. Son influence sur la « Géométrie » de Descartes*, par H. Bosmans S. J. ANN. DE LA SOC. SCIENT. DE BRUXELLES, t XXXV, Bruxelles 1911, 2e partie, pp. 24-78.

(4) Ces diverses éditions de Viète se trouvent toutes à la Bibliothèque Royale de Belgique.

Francisci Vietae in Artem analyticam Isagoge... Turonis. Apud Jametium Mettayer... 1591 (V. 4908).

Zeteticorum Libri V. Turonis, 1593. Exemplaire incomplet du titre, relié avec l'ouvrage précédent.

Francisci Vietae Opera Mathematica in unum volumen congesta ac recognita opera ac studio Francisci a Schooten... Lugduni Batavorum. Ex officina... Elzeviriorum, MDCXLVI (V. 4819).

Antérieurement à M. Wieleitner, Tropfke, dans sa *Geschichte der elementar-Mathematik*, avait déjà appelé l'attention sur la diversité des notations algébriques dans les deux éditions de Viète. Le lecteur qui n'aurait pas Viète sous la main, trouvera dans Tropfke quelques exemples bien choisis (Leipzig, Veit, 1902, t. I, pp. 326-329).

Adam le publia, pour la première fois, en 1896, dans le BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES (1), et MM. Charles Adam et Paul Tannery le rééditèrent dans les *Œuvres de Descartes* (2). M. Wieleitner regarde probablement ce *Calcul* comme facile à consulter par tous les lecteurs, car il ne s'y arrête guère.

Il nous donne au contraire une analyse détaillée des *Francisci a Schooten Principia Matheseos universalis seu Introductio ad Geometriae methodum Renati Des Cartes. Edita ab Er. Bartholino Casp. filio.* Lugd. Batav. Ex Officina Elzeviriorum. M. Wieleitner fait de nombreuses remarques, des plus intéressantes, sur cet ouvrage. J'en relève une due plutôt au professeur qu'à l'historien. M. Wieleitner, en effet, prend à partie Bartholinus pour avoir divisé par l'inconnue les deux membres d'une équation, sans s'apercevoir qu'il supprimait ainsi la valeur 0 de l'inconnue. Cela nous paraît aujourd'hui élémentaire, mais comment cette idée si simple s'est-elle introduite dans l'enseignement ? Ce serait bien curieux à examiner. Nicolas Petri de Deventer fait une remarque de ce genre dans sa *Practicque om te leeren cypheren de 1583* (3). Fut-il le premier ? Quels sont ses imitateurs immédiats ?

Un regret pour terminer : c'est de voir l'intéressant travail de M. Wieleitner publié dans un recueil si peu répandu en Belgique.

Analyse d'autographes et d'autres écrits de Girard Desargues, par H. Brocard (4). — Le titre donne bien l'idée du contenu de la brochure de M. Brocard. Ce n'est pas une bibliographie des œuvres de Desargues, ce sont de simples notes sur ses lettres et autres écrits. M. Brocard a jadis publié, au tome IV des *Œuvres de Fermat*, la plus importante des lettres connues de Desargues (5); aussi traite-t-il son sujet avec un plaisir bien légitime, non dissimulé.

Voici la liste des notes contenues dans l'opuscule de M. Bro-

(1) *Calcul de Mons. Des Cartes ou Introduction à sa Géométrie*, 1638. BULL. DES SCIEN. MATH., 2e série, t. XX, Paris 1896, 1re partie, pp. 221-248.

(2) T. X, Paris, 1908, pp. 659-680.

(3) Voir *La « Practicque om te leeren Cypheren » de Nicola Petri de Deventer*, par H. Bosmans S. J. ANN. DE LA SOC. SCIENT. DE BRUX., t. XXXIII, Bruxelles, 1908, 2e partie, pp. 17 et 18 du tirage à part.

(4) Bar-le-duc ; Comte-Jacquet, 1913, 32 pages.

(5) *Œuvres de Fermat*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et Charles Henry, t. IV. Paris, Gauthier-Villars, 1912, pp. 39-47.

card, j'y ajoute pour la clarté des numéros d'ordre qui ne sont pas dans le texte :

1. Incursions dans les catalogues de manuscrits et d'imprimés. 2. Les deux articles de Paul Tannery au sujet d'autographes de Girard Desargues. 3. L'unique lettre autographe signée par Girard Desargues. Cette lettre unique est la lettre de Desargues à Mersenne datée de Paris, du 4 avril 1635. L'autographe est à la Bibliothèque de Lyon ; M. Brocard l'a éditée une première fois, nous l'avons dit, au tome IV des *Œuvres de Fermat ;* il la donne encore une fois ici. 4. Sur le rôle scientifique de la lettre de Desargues. 5. Sur une série d'articles simplement signés D. A. L. G. et qui doivent être attribués à Desargues. Il s'agit d'un certain D. A. L. G. mentionné par M. Charles Adam au tome X des *Œuvres de Descartes* (pp. 546-551) et que le savant éditeur n'est pas parvenu à identifier. 6. Pour une réédition des Œuvres de Desargues. 7. Desargues au siège de La Rochelle en 1628. 8. Un autre écrit de Girard Desargues. Ce dernier paragraphe mérite une attention spéciale. M. Brocard y réédite la lettre de Desargues à Bosse trouvée par M. Valentin à la Bibliothèque Royale de Berlin et publiée une première fois par lui le 31 décembre dernier dans la *Bibliotheca Mathematica* (1). Cette lettre est datée de Paris, le 16 septembre 1657.

En résumé, M. Brocard réunit en une seule brochure plusieurs documents intéressants relatifs à Desargues, épars jusqu'ici dans des publications fort diverses et les enrichit de notes nouvelles. C'est un travail utile et intéressant.

Analyse des Recherches sur le Calcul différentiel et intégral d'Ensheim, par K. Bopp (2). — L'ouvrage d'Ensheim qui fait l'objet du mémoire de M. Bopp parut sous le titre : *Recherches sur les Calculs différentiel et intégral par le citoyen Ensheim. A Paris, De l'imprimerie d'Agasse, rue des Poitevins, n° 13. An VII.* Ensheim appartenait à l'école de Lagrange. Écoutons-le dans l'*Introduction* de l'ouvrage analysé par M. Bopp.

(1) 3e série, t. 13, pp. 23-28.

(2) *Ein schrift von Ensheim « Recherches sur les Calculs différentiel et intégral » mit einem sich darauf beziehenden, nicht in die « Œuvres » übergangenen Brief von Lagrange* analysiert und zum 10 April 1913 herausgegeben von K. Bopp, Heidelberg ; gefolgt von einem Ueberblick über die Publikation von Lagrange-Briefen. SITZUNGSBERICHTE DER HEIDELBERGER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN. Heidelberg ; Winter, 1913. Année 1913, 7e livraison.

« Si le Calcul de l'infini a ouvert une carrière immense aux géomètres, on ne peut pas se dissimuler que les principes n'en ont point cette évidence sans laquelle les mathématiques ne seraient qu'un empirisme intellectuel. La théorie des fluxions a l'inconvénient qu'elle suppose les notions de l'espace, du mouvement et du temps, notions plus abstraites peut-être que toute la science des quantités. Le système de Leibnitz est une espèce d'hiérarchie d'infinis, dont les inférieurs s'éclipsent en présence de ceux d'un rang plus élevé ; ce qui ne peut que rebuter les commençants, quand au lieu de démonstrations rigoureuses, ils ne trouvent, pour ainsi dire, qu'une approximation. D'ailleurs, si l'analyse a l'avantage de faciliter les recherches, il faut que ses découvertes soient susceptibles d'être démontrées synthétiquement. La méthode suivante réduit tout aux principes simples de l'algèbre élémentaire, sans avoir jamais recours aux notions confuses de l'infini : elle embrasse le calcul des différences en général, et ce ne sont que des conditions particulières qui en constituent la branche des différences infinies. »

M. Bopp donne ensuite l'analyse détaillée des « Recherches » d'Ensheim; j'y renvoie le lecteur que l'histoire des essais infructueux faits à la fin du XVIIIe siècle pour se passer de la notion de l'infini, dans les calculs différentiel et intégral, intéresserait. L'essai d'Ensheim fut totalement éclipsé par un autre, publié deux ans auparavant, mais écrit avec une plume incomparable, la *Théorie des fonctions analytiques, contenant les principes du Calcul différentiel dégagés de toute considération d'infiniment petits ou d'évanouissants, de limites ou de fluxions, et réduits à l'analyse algébrique des quantités finies, par J. L. Lagrange.* C'est même une lettre oubliée par les éditeurs de Lagrange qui est à la fois l'occasion et la justification du patient et consciencieux travail de M. Bopp. Cette lettre fort courte mérite d'être reproduite ici. Publiée par Ensheim lui-même à la page 28 de ses *Recherches*, elle avait jusqu'ici échappé à tous les éditeurs de la *Correspondance* de Lagrange.

« Paris, 3 primaire An VII (22 novembre 1799).

» Je vous remercie de la confiance dont vous m'avez honoré en me communiquant vos recherches sur le calcul différentiel. Ma réponse a été retardée par des occupations indispensables, qui ne m'ont pas permis de les lire plutôt. Je vous prie de recevoir mes sincères excuses. Votre manière d'envisager ce calcul a beaucoup de rapport à celle que Landen, géomètre anglais, a donnée dans l'ouvrage intitulé : *Residual analysis,* imprimé à

Londres, en 1764 ; mais je dois vous avouer que, ni l'une ni l'autre, ne me paraissent tout à fait exemptes des difficultés qu'on rencontre dans les principes du calcul différentiel ; cependant il est possible que votre analyse soit plus satisfaisante pour beaucoup de personnes que l'analyse ordinaire des infiniment petits et des limites, et sous ce point de vue elle peut être utile au progrès des sciences.

» Recevez les assurances des sentiments remplis d'estime et de considération que vous m'avez inspirés.

« (Signé) : Lagrange. »

Le mémoire de M. Bopp se termine par deux Appendices : 1. Aperçu sur les publications successives des lettres de Lagrange. 2. Une bibliographie des notices biographiques consacrées à Lagrange. Sans avoir fait de recherches spéciales sur le sujet, cette liste me paraît pouvoir être assez aisément complétée. Pour y apporter au moins une contribution, je citerai : G. Loria ; *G. L. Lagrange nella vita e nelle opere*, publié dans les ANNALI DI MATHEMATICA PURA ED APPLICATA (1).

H. BOSMANS, S. J.

ETHNOGRAPHIE

L'homme fossile de Piltdown. — On ne parle plus de l'homme fossile d'Ipswich (Suffolk), dont on s'est beaucoup occupé dans la presse. En revanche, M. Dawson a fait à Piltdown (Sussex) une autre découverte sensationnelle ; il s'agit d'une calotte crânienne et d'une moitié de mandibule inférieure, recueillies dans les graviers du pleistocène inférieur, que l'on peut attribuer au Chelléen ; ces fossiles constituent avec la mâchoire de Mauer les débris humains les plus anciens que l'on connaît. M. Boule a signalé la découverte de Piltdown et voici

(1) 3e série, t. XX, Milan, Rebeschini, 1913, pp. IX et suiv.

en quels termes il décrit ces fossiles (1) : « Le crâne, qui n'a pas les os de la face, présente les caractères essentiels du crâne humain, mais sa capacité n'était que de 1070 centim. cubes. Il mesure 190 mm. de la glabelle à l'inion et 150 mm. de largeur maximum. Ses os sont d'une épaisseur considérable qui peut atteindre 12 mm. avec une moyenne de 10 mm. Le front est plus escarpé que dans le type de Néanderthal et surmonte de faibles arcades orbitaires ; la conformation de la région occipitale montre que le *tentorium,* séparant le cerveau du cervelet, est au niveau de la protubérance occipitale externe, comme dans l'Homme moderne. Vu de derrière, le crâne apparaît remarquablement large, surbaissé et les apophyses mastoïdes sont petites.

» La moitié droite de la mandibule est dépourvue du condyle, de la partie antérieure du bord alvéolaire et de la partie supérieure de la symphyse. La branche horizontale est grêle et ressemble à celle d'un jeune Chimpanzé. Le bord inférieur symphysaire n'est pas épaissi et arrondi comme chez l'homme, mais forme une sorte de lame mince projetée en dedans comme chez les Singes. La branche montante est large, avec de fortes insertions musculaires et une échancrure sigmoïde très peu profonde. Les première et deuxième arrière-molaires sont encore en place dans leurs alvéoles ; leur morphologie est tout à fait humaine, mais elles sont relativement longues et étroites, chaque couronne ayant cinq tubercules. L'alvéole de la troisième arrière-molaire indique aussi une dent volumineuse. Les couronnes sont abrasées par la mastication, ce qui permet de penser que les canines ne devaient pas dépasser sensiblement le niveau des dents voisines... » Malgré ses caractères primitifs, le crâne de Piltdown présente des traits qui le rattachent plus à l'homme actuel qu'à l'homme de Néanderthal.

La station de Torralba. — A Torralba, dans la province de Soria, sur une cime de 1100 m. d'altitude, située au Nord-Est de Madrid, M. le marquis de Cerralbo a exploré une des plus anciennes stations humaines de l'Europe. Au Congrès d'Anthropologie préhistorique, tenu à Genève, l'an dernier, ce grand seigneur espagnol a fait connaître ce gisement d'un intérêt exceptionnel et il a exposé quelques spécimens de ses décou-

(1) M. Boule. *L'homme fossile de Piltdown, Sussex.* Dans l'ANTHROPOLOGIE, 1912, t. XXIII, n° 6, nov.-déc., p. 741.

vertes. Il a recueilli des calcaires, des quartzites et des calcédoines taillés : on observe le coup de poing classique, les types industriels relevant de la fin du Chelléen et du commencement de l'Acheuléen. La faune est celle de l'*Elephas antiquus*, y compris la forme archaïque de Tilloux et d'Abbeville, avoisinant le *meridionalis* (1).

Le Gisement de Spy. — M. l'abbé Breuil a publié une analyse des travaux que les archéologues belges ont consacrés à la grotte de Spy. Cette étude l'a amené aux conclusions suivantes (1) : « En résumé il y a à Spy les niveaux suivants de bas en haut : 1° *Niveau vieux moustérien*, à nombreux éclats très patinés et mal retouchés, avec coups de poing. 2° *Niveau moustérien supérieur*, à silex typiques très bien travaillés, et sépulture humaine, difficile à séparer de l'assise superposée. 3° *Aurignacien typique*, fin de la phase moyenne. 4° *Aurignacien final*, avec toute la transition vers le solutréen et peut-être un peu de celui-ci. Ces divers niveaux se caractérisent exactement comme en France ; il n'y a, pas plus que dans notre pays, vraie survivance de types moustériens à l'époque aurignacienne, mais ceux-ci par la main des préhistoriques eux-mêmes, ou par l'action involontaire des animaux, ont été ramenés de l'intérieur de la grotte dans les divers niveaux de la terrasse. »

Statues d'argile de l'époque magdalénienne. — Parmi les productions artistiques de l'époque de la Madeleine, on observe des bisons gravés, des bisons sculptés et des bisons peints sur les parois des cavernes et des rochers ; récemment, le 10 octobre 1912, M. Begouen a découvert, dans la caverne du Tuc d'Audoubert (Ariège), à 700 mètres de l'entrée, deux statues d'argile représentant des bisons. C'est tout au fond de la grotte que les bisons d'argile ont été aperçus : sont-ce des fétiches que la tribu voulait recéler et soustraire aux regards des profanes ? Voici en quels termes M. Begouen rend compte de cette curieuse décou-

(1) E. Cartailhac. *XIVe Congrès international d'Anthrop. et d'Archéol. préhistor.* Dans l'ANTHROPOLOGIE. Tome XXIII, 1912. p. 591. — A. de Loë. *Le Congrès internat. d'Anthrop. et d'Archéol. préhist. de Genève.* Dans le BULLETIN DES MUSÉES ROYAUX DU CINQUANTENAIRE. 12e année, 1913, p. 21.

(2) H. Breuil. *Remarques sur les divers niveaux archéologiques du Gisement de Spy.* Dans REVUE ANTHROPOLOGIQUE, 1912, p. 129.

verte (1) : « Les deux statues sont appuyées contre un bloc de rocher tombé de la voûte au milieu de la salle. Quand on arrive, on les voit par derrière et les animaux semblent fuir devant nous en longeant le rocher. Ils ne sont pas absolument l'un derrière l'autre, le second étant un peu sur la gauche, la position de celui-ci n'est pas aussi horizontale que l'autre, il est un peu levé sur ses pattes de derrière et semble gravir le rocher.

» Celui qui est en avant est presque intact, le bout de la corne droite et la queue seuls sont tombés, mais celle-ci gît par terre près des pattes et se raccorde fort bien. Quoique la salle soit assez humide pour que la terre eût conservé toute sa plasticité, l'argile en se desséchant un peu a provoqué de profondes fissures, traversant parfois tout le corps des animaux, mais sans causer de dégât, parce que les statues sont appuyées contre la roche. Comme pour la seconde, le rocher n'était pas assez long, l'arrière-train du bison a été calé par des pierres rapportées.

» L'animal de tête est une femelle ; le sexe en est marqué et d'ailleurs la conformation générale de la bête l'indique nettement, surtout par comparaison avec l'autre ; la tête est plus fine, le chignon moins fort, la bosse moins arquée. Il y a également une différence de taille : la femelle mesure 61 centimètres de longueur et 29 centimètres du ventre au sommet de la bosse, tandis que le mâle donne 63 et 31 centimètres mesuré aux mêmes endroits. Un seul côté est achevé, le droit ; l'autre, celui qui est appuyé contre le rocher, n'a pas été travaillé.

» La surface du corps est lisse, on y distingue fort bien les traces du lissage fait par la main de l'artiste. Le modelage des têtes a été poussé avec soin. Les cornes et les oreilles se détachent fortement ; l'œil est marqué chez la femelle par une sorte de bille de terre avec un renfoncement au milieu. Ce procédé simulant la prunelle et le regard donne de la vie et de la physionomie à cette tête, tandis que le mâle a l'air atone et sans vie avec son gros œil tout rond. La barbe qui arrive jusque sous le ventre a été indiquée par des stries faites avec une spatule mince en bois ou en os, tandis que pour représenter la crinière plus laineuse et grossière, l'artiste s'est contenté de son pouce dont l'empreinte est bien nette. Il y a dans l'ensemble de ces statues un souci de la nature et de la vie, un réalisme et une technique

(1) Le comte Begouen. *Les statues d'argile de la caverne du Tuc d'Audoubert (Ariège).* Dans l'ANTHROPOLOGIE, 1912. Tome XXIII, n° 6, nov.-déc, p. 664.

qui indiquent chez les auteurs de cette sculpture une véritable compréhension artistique. »

La caverne du Castillo près de Puente Viesgo. — M. l'abbé Breuil et M. l'abbé Obermaier, professeurs de l'Institut de Paléontologie humaine de Paris, font de nombreuses recherches en Espagne dans les cavernes et sur les parois des rochers. Le premier numéro de l'ANTHROPOLOGIE de cette année rend compte des travaux qu'ils ont poursuivis pendant l'année 1912 (1). Si ces investigations sont souvent fort pénibles, des résultats scientifiques importants ont couronné les efforts de ces grands savants et récompensé leur zèle inlassable.

Les fouilles les plus intéressantes ont été exécutées dans le vestibule de la caverne du Castillo près de Puente Viesgo. Treize niveaux superposés ont été traversés et onze de ces couches appartiennent au Quaternaire.

En bas, il y a trois étages moustériens ; celui du milieu renferme le moustérien typique. La faune comprend le *Rhinoceros Mercki*. On y a trouvé une épiphyse distale d'humérus de bœuf utilisée, semblable à celles qui ont été signalées à la Quina, par M. Martin.

On a constaté la présence de quatre assises qui relèvent de l'Aurignacien et dans lesquelles on a recueilli les ossements du *Rhinoceros Mercki*, qui persistent dans la couche inférieure, plusieurs outils moustériens, des grattoirs carénés, des pointes en os à base fendue du type classique et des pointes de La Gravette. Celles-ci proviennent avec quelques débris de renne de la couche aurignacienne la plus élevée.

Le Solutréen est représenté seulement par des instruments en feuilles de laurier. Les pointes à cran font défaut.

Dans la couche du Magdalénien ancien, on a découvert des omoplates de cerf finement gravées. Dans une de ces gravures se voit l'image d'une belle biche, retournant la tête. Dans la couche du Magdalénien supérieur, on a récolté un bâton de commandement : c'est un andouiller de cerf perforé, profondément incisé, sur une face, d'une magnifique silhouette de cerf élaphe, comparable aux plus remarquables œuvres d'art d'Aquitaine.

(1) *Institut de Paléontologie humaine. Travaux exécutés en 1912, par MM. les professeurs H. Breuil et H. Obermaier.* Dans l'ANTHROPOLOGIE. Tome XXIV, 1913, pp. 1 et suiv.

Les abris del Bosque à Alpera. — A cinq kilomètres d'Alpera, village situé à moitié chemin entre Albacete et Alicante, M. l'abbé Breuil a découvert les deux abris peints del Bosque. De l'étude minutieuse des animaux et des hommes que ces fresques rupestres représentent, il a déduit les conclusions suivantes (1) : « Les auteurs de ces fresques ont représenté non seulement beaucoup de Bouquetins, de Cerfs, de Bœufs sauvages, mais aussi quelques Chevaux, un Élan, des Daims, des Loups et des Canidés problématiques, peut-être domestiqués, ainsi que de rares oiseaux. L'existence de l'Élan peint vient corroborer celle de deux Bisons à Cogul, et confirme l'âge quaternaire supérieur, problablement final, de ces œuvres d'art. Cette attribution est confirmée par le caractère des dessins animaux, très analogues soit aux œuvres magdaléniennes, soit à celles des Boschimans sud-africains ; en tout cas, ces peintures dénotent une esthétique de peuples exclusivement chasseurs.

» Mais si, par le caractère artistique et les indications fauniques, les fresques d'Alpera, comme celles de Cogul, d'Albaraccin et de Cretas, se rapportent au cycle magdalénien, cependant elles s'en écartent par l'abondance des représentations humaines très semblables, par l'usage de l'arc et même la plupart des attitudes, aux fresques sud-africaines, et qui sont groupées en scènes de chasse, de campement et peut-être de guerre.

» Cette richesse en figurations humaines, cette conception du tableau historique, la présence de l'arc et peut-être du Chien, sont des éléments irréductibles à notre magdalénien français. Nous admettons donc que dans l'Est de l'Espagne, il y avait, à l'époque paléolithique supérieure, une population également paléolithique, également vouée à la vie de chasseurs, mais différant sensiblement des peuplades magdaléniennes françaises et cantabriques, tout en ayant subi à un haut degré leur influence artistique. »

Station du Trou des Blaireaux à Vaucelles. — M. le baron A. de Loë et M. E. Rahir ont fouillé la terrasse qui s'étend devant le trou des blaireaux à Vaucelles (2). Ils ont découvert

(1) H. Breuil, P. Serrano Gomez et J. Cabré Aquilo. *Les peintures rupestres d'Espagne. IV. Les Abris del Bosque à Alpera.* Dans l'ANTHROPOLOGIE. Tome XXXII, 1912, pp. 529 et suiv. (Nombreuses figures).

(2) Baron A. de Loë, E. Rahir et E. Houzé. *Fouilles au Trou des Blaireaux à Vaucelles.* BULLETIN ET MÉM. DE LA SOC. D'ANTHROP. DE BRUX. Tome XXIV, 1905 (Mémoire paru en 1913).

quelques vestiges d'un habitat de l'âge du Renne et une station funéraire de l'époque néolithique. Ces sépultures se présentent sous l'aspect d'un ossuaire contre paroi rocheuse. Les ossements étudiés par M. Houzé, se distinguent par les caractères qu'on observe dans les squelettes des néolithiques du bassin de la Meuse, et les objets qui faisaient partie des mobiliers funéraires offrent la plus grande ressemblance avec ceux que l'on a rencontrés dans les grottes sépulcrales artificielles de la Marne, qui datent de l'époque de la pierre polie. Signalons une hachette en silex, à tranchant arrondi, mesurant environ 4 centim. de largeur, qui était encore engagée dans sa gaine à douille de cerf. Cette pièce est semblable à une hache trouvée dans un caveau funéraire de Seine-et-Marne et elle est d'autant plus intéressante qu'auparavant on ne connaissait dans notre pays que deux exemplaires pourvus de leurs gaines d'emmanchement.

Les exploitations préhistoriques de silex à Spiennes. — M. L. Cavens a fait exécuter des fouilles dans le célèbre village de Spiennes, au *Camp à cayaux,* un plateau situé sur les bords de la Trouille. La craie blanche à silex y est recouverte par 6 à 10 mètres de couches tertiaires et quaternaires, et cette épaisseur étant trop considérable pour être déblayée, le mineur néolithique avait atteint la craie par des puits verticaux qui avaient traversé le limon supérieur, l'ergeron, le dépôt caillouteux et le sable landénien.

Ces fouilles ont amené la découverte de deux puits de mine très profonds communiquant entre eux par des galeries. Nous lisons dans le compte rendu de ces fouilles, rédigé par M. le baron A. de Loë (1) : « Le premier puits caractérisé par la forme évasée de son orifice, a une profondeur totale de 16 mètres et présente une section circulaire de 1 mètre de diamètre. Il s'élargit de nouveau à la base, formant ainsi une sorte de chambre à voûte encorbellée par la disposition naturelle des bancs de craie. De cette chambre, dont le plancher dépassait un peu le filon de silex à exploiter, partent plusieurs galeries horizontales séparées par des piliers de soutènement ménagés dans la roche... De même que les puits qu'elles mettaient en communication, les galeries ont été remblayées de main d'homme

(1) A. de Loë. *Les fouilles de M. Louis Cavens à Spiennes en 1912.* Dans Bulletin des Musées royaux du Cinquantenaire de Bruxelles. 12e Année, n° 6, juin 1913. p. 44. Voir aussi le n° 5, mai 1913.

avec des déblais provenant probablement du creusement d'autres galeries.

» Les remblais des puits, formés de débris de craie souvent mélangés de limon et d'un peu de sable, contenaient de nombreux éclats de silex, résidus de la taille, des rognons de matière première non utilisés, des ébauches abandonnées, des outils ébréchés, quelques ossements d'animaux, de menus fragments de poterie et du charbon de bois.

» Les galeries avaient été remblayées uniquement avec des débris de craie. En procédant à leur déblayement, il n'a pas été trouvé moins d'un millier de pics à main en silex aux pointes brisées ou émoussées par l'usage... » L'existence de ces mines nous révèle un des aspects de la vie active et socialement organisée des néolithiques. Une population nombreuse et sédentaire habitait les environs de Spiennes et se frayait des chemins dans les profondeurs du sol pour se procurer la matière première de l'outillage lithique, la débiter et la répandre dans les régions voisines. »

Les Francs de la nécropole de Ciply. — M. Houzé a étudié les ossements recueillis dans le cimetière franc de Ciply et il a consigné les résultats de ses nombreuses mensurations dans un solide travail, que nous pouvons signaler comme un modèle du genre.

La taille moyenne des hommes est de 166,6 centim., identique à la taille moyenne des habitants du Limbourg, où l'élément franc est prépondérant. L'indice céphalique moyen de 35 crânes masculins est de 72,32 avec minimum de 64,04 et un maximum de 83,13. Pour les crânes masculins, la hauteur moyenne ophryoalvéolaire est de 88,7 millim. avec un maximum de 99 et un minimum de 79 mm. La largeur bizygomatique moyenne est de 132 mm. avec un maximum de 143 et un minimum de 122 : la face est donc très longue. L'indice nasal moyen des hommes 43,92 est d'une leptorhinnie très accusée.

Citons les conclusions de la consciencieuse étude de M. Houzé (1) : « Les Francs du cimetière de Ciply datent des premiers temps mérovingiens ; ils présentent peu de variations individuelles et une homogénéité de caractères exceptionnelle ; c'est à peine si deux ou trois crânes hétérogènes se rencontrent dans

(1) E. Houzé. *Les Francs de la nécropole de Ciply, Hainaut.* Dans Bull. et Mém. de la Soc. d'Anthrop. de Brux., tome XXXII, 1913, pp. cix et suiv.

la série masculine ; dans la série des femmes se retrouvent les mêmes caractères, sauf chez quelques Gallo-romaines dont la présence a fait monter l'indice céphalique et l'indice nasal.

» La morphologie du crâne est absolument typique ; dolichocéphalie, glabelle très accusée, même chez les femmes, arcades sourcilières proéminentes, fréquemment en bourrelet, front fuyant.

» La face est allongée et prognathe dans son ensemble, mais surtout dans la partie sous-nasale et fréquemment même du côté dentaire. L'écaille occipitale extrêmement saillante se détache souvent des pariétaux par un ressaut fort marqué.

» La mandibule massive, grossière, présente plusieurs fois une forme archaïque qui rappelle celle de la mâchoire de Mauer : grande épaisseur du corps, branche montante très large, implantée presque à angle droit, échancrure sigmoïde peu profonde... »

L'auteur termine son savant mémoire par un coup d'œil sur l'ethnologie de la Belgique, sur les néolithiques de nos diverses provinces, sur les éléments celtiques et germaniques, que les diverses invasions ont amenés sur notre territoire. Nous pouvons souscrire à toutes ces considérations, sauf sur un point : les Cimbres et les Teutons, sont-ils des Germains ? Dans ces derniers temps, on les regarde généralement comme des Celtes. A signaler aussi une remarque très intéressante de l'auteur. Comment la Wallonie, peuplée par les Francs, est-elle redevenue gallo-romaine ? Les Mérovingiens, par leurs guerres continuelles et leurs combats meurtriers, ont dégarni le territoire qu'ils occupaient et la population gallo-romaine a repris le dessus.

Les éolithes. — A ceux qui s'enquièrent encore de la question des éolithes, nous pouvons soumettre le jugement de M. Houzé, président de la Société d'Anthropologie de Bruxelles. Ce jugement est définitif et nous sommes heureux de l'enregistrer ici (1) : « Les faits découverts et signalés par Commont et Breuil ont démontré qu'il n'y a aucun moyen de distinguer les éolithes qui ont été façonnés par des causes naturelles de ceux qui auraient été utilisés par l'homme, et que la découverte d'éolithes ne peut plus être invoquée comme preuve de la présence de l'homme : la question est jugée. »

J. Claerhout.

(1) E. Houzé. *Coup d'œil sur les travaux de la Société depuis sa fondation.* Dans Bull. de la Soc. d'Anthrop. de Bruxelles, tome XXXII, 1913, p. c.

SYLVICULTURE

—

Le Congrès forestier international. — L'évènement important de l'année 1913, en matière forestière, est incontestablement la réunion à Paris, du 16 au 22 juin, d'un Congrès forestier international. On n'avait pas encore vu une manifestation aussi imposante en faveur de la reconstitution des forêts et de l'organisation rationnelle de l'industrie pastorale. Œuvre du Touring-Club de France (1), ce Congrès a vu plus de sept cents adhérents répondre à son appel, dont quarante-deux représentants officiels des nations étrangères. Ni le Congrès international de sylviculture pure, réuni à Paris en 1900 à l'occasion de l'Exposition universelle, ni le Congrès, également international, de l'aménagement des montagnes, qui n'avaient pu réunir que trois à quatre cents membres, ne peuvent être comparés à celui de juin 1913 à Paris, tant au point de vue du nombre des assistants qu'à celui de la variété des sujets abordés (2).

Nous aurons assurément à revenir sur ce fait considérable quand aura paru le *Compte rendu* du Congrès, contenant les cinquante rapports, autant de communications, les procès-verbaux des cinq sections dont il s'est alimenté, et sans doute aussi le récit des deux grandes excursions faites simultanément à l'issue du Congrès, l'une dans la forêt domaniale de Lyons, en Normandie, l'autre dans celle de la Grande-Chartreuse, des Alpes dauphinoises. Bornons-nous, pour aujourd'hui, à signaler, dans le discours d'ouverture prononcé par le Ministre de l'agriculture de France, l'annonce de la récente adoption par le Parlement, de la loi du 3 juin 1913, dite *loi Audiffred* (3), et la

(1) Voir les nos de mars, avril, mai, juillet 1913 de la REVUE MENSUELLE du Touring-Club.

(2) Cf. la REVUE AGRICOLE de Bordeaux, juillet 1913.

(3) Cette loi autorise l'acquisition, par les associations reconnues d'utilité publique, les sociétés de secours mutuels approuvées et les caisses d'épargne, de forêts et de terrains à boiser, et prescrit leur soumission au régime forestier. Elle autorise aussi l'administration forestière à se charger de la conservation et de la régie des bois et forêts des autres sociétés et des particuliers qui le désireraient, moyennant des conditions bilatérales à régler par contrat. Le tout dans le but de « favoriser le reboisement et la conservation des forêts ».

condamnation des injustes et surannées mesures fiscales qui pèsent sur la propriété boisée (1).

Syndicat des propriétaires forestiers de France. — Un peu moins important, à un point de vue très général, que le Congrès forestier international, le Comité des forêts, *Syndicat des propriétaires forestiers*, qui s'est constitué à Paris, le 22 novembre dernier, en une assemblée comptant environ 130 membres, n'en a pas moins, au point de vue français, une valeur très appréciable (2).

Autour de son président, M. le Comte Jean de Nicolaï, se rangeaient MM. Charles Guyot, ancien Directeur de l'école forestière de Nancy, et le baron de Lestrange comme vice-présidents, le baron de Cambray comme trésorier, et, comme secrétaire général, M. Roulleau, conservateur des eaux et forêts en retraite, directeur de l'Office forestier du Centre et de l'Ouest.

La constitution de ce syndicat ou comité, a pour but la défense des intérêts des propriétaires forestiers de France, particuliers, associations et sociétés. Elle semble bien être la résultante de la formation, un peu partout, de syndicats locaux, offices, groupements divers, sous la pression des difficultés auxquelles se heurte incessamment la propriété forestière. Les uns ont pris un développement plus ou moins grand et ont rendu des services ; d'autres, faute de ressources suffisantes, n'ont pu répondre à ce qu'on en espérait.

De là l'idée de donner un lien à ces efforts disséminés en les rattachant à un comité d'ensemble auquel il serait loisible à chacun d'adhérer, propriétaires (particuliers ou collectifs), offices ou syndicats locaux.

Les difficultés ou questions à résoudre sont en nombre illimité : mévente des bois taillis et des écorces de chêne, exigences

(1) Ce sont là d'excellentes dispositions, pourvu qu'on s'en tienne là. Mais pourquoi faut-il que, d'autre part, la Chambre des députés ait introduit, dans la loi des finances de 1913, un impôt sur les chasses gardées ? 20 fr. pour *un* seul garde-chasse, 40 fr. pour chaque garde en sus, ce qui sera une dure charge pour les communes qui tirent un revenu appréciable de la location de la chasse dans leurs bois, pour les chasseurs de fortune modeste qui se groupent en sociétés pour louer des chasses. Finalement cette taxe qui doit, dit-on, rapporter au fisc un demi-million, aura une répercussion fâcheuse sur la propriété forestière elle-même, qu'elle grèvera d'une lourde charge de plus. (Cf. La Démocratie rurale du 3 août 1913).

(2) Cf. le Bulletin de mars 1913 de la Société forestière de Franche-Comté et Belfort.

exorbitantes de la main d'œuvre, prétentions non moins excessives des intermédiaires, surcharge des impôts tant annuels que successoraux, servitudes spéciales et menaces de servitudes nouvelles dans une pensée mal comprise de protection du sol boisé, accidents du travail, tarifs d'assurances, etc., etc.

D'autres objets intéressent à un point de vue différent le propriétaire forestier : unification des mesures de cubage, exemptions temporaires d'impôts, caisses de crédit forestier à créer, services de renseignements commerciaux à organiser, etc.

L'assemblée a élu, séance tenante, une commission ou « Chambre syndicale » chargée d'élaborer les statuts du Comité d'après les déterminations prises par l'assemblée et qu'il serait trop long d'énumérer ici, étant entendu, sur l'observation du président, que le Comité des forêts n'entrera en fonction que du jour où aura été assuré l'équilibre d'un budget minimum.

La Forêt d'Eu. — Aux termes d'une loi promulguée par le *Journal Officiel* du 22 août 1913, la belle et vaste forêt d'Eu, qui appartenait à Monseigneur le duc d'Orléans, est acquise indivisément par le département de la Seine Inférieure et l'État français et préservée ainsi de tout défrichement ou exploitation abusive. Elle avait été d'abord l'objet d'un arrangement entre le prince et un groupe de ses amis politiques ; mais parmi ceux-ci se trouvaient quelques gros marchands de bois qui ne laissaient pas de reluquer, pour leurs opérations commerciales, les beaux massifs de futaie que recèle cette antique forêt. Pour y couper court, l'État, d'un commun accord, l'expropria pour cause d'utilité publique, se chargeant de neuf dixièmes de la dépense jusqu'à concurrence de dix millions, le surplus incombant au département.

Par cette mesure éminemment sage, opportune et conservatoire, la belle forêt d'Eu continue à faire partie des richesses forestières de la France.

La crise des écorces de chêne et la tannerie. — En attendant la publication *in extenso* du *Compte rendu* du Congrès forestier international, lequel formera un gros et compact volume, quelques échos s'en font de temps à autre entendre, qu'il est intéressant de recueillir au passage.

Ainsi le journal Le Bois, dans son n° du 24 juillet 1912, reproduit intégralement une longue discussion suscitée, dans la

séance du Congrès du 19 juin, par un rapport de M. Hirsch, Inspecteur des eaux et forêts, sur la question du Tannage des cuirs à l'écorce de chêne.

Nul n'ignore que l'écorce des diverses variétés de chêne, surtout à l'état de jeunes taillis, a, pendant de longues durées, fourni à peu près exclusivement le tannin nécessaire à la fabrication des cuirs. Mais depuis un certain nombre d'années, les tanneurs ont trouvé des avantages considérables à substituer à l'écorce de chêne des extraits concentrés incomparablement plus riches en matière tannante. Ainsi le *québracho* ou *québraco colorado* du continent sud-américain (principalement des montagnes argentines du N.-W.), fournit 70 p. cent (1) de tannin, tandis que les meilleures écorces de chêne n'en fournissent que rarement 6 à 8 centièmes. De plus, les peaux absorbent en plus grande quantité les extraits concentrés que ne le fait le tannin naturel de chêne, ce qui leur donne plus de poids, au grand profit du fabricant, mais au détriment de la qualité du cuir. Enfin on obtient, paraît-il, par le tannage au chrome, des cuirs spéciaux fort appréciés, notamment le « *box-calf* ». En outre on trouve, dans ces divers procédés, une économie de temps considérable. De là une dépréciation proportionnelle des taillis de chêne.

Le revers de la médaille touchant la rapide et économique confection des cuirs, c'est que, d'une manière très générale, le tannage chimique ou aux extraits concentrés, donne des cuirs de qualité très inférieure à celle des cuirs à l'écorce de chêne.

La conclusion du rapport de M. Hirsch et de la discussion qui a suivi, a été l'adoption par le Congrès de trois vœux qui peuvent se résumer ainsi :

1° Que les administrations publiques qui achètent des cuirs inscrivent, dans leurs cahiers des charges, une clause prescrivant qu'il ne leur soit fourni que des cuirs et peaux tannés à l'écorce de chêne pure ;

2° Qu'il soit institué une marque légale obligatoire pour être apposée sur tous les cuirs et peaux tannés à l'écorce de chêne pure, afin que l'acheteur soit renseigné sur la qualité du cuir qui lui est offert ;

3° Que les compagnies de chemins de fer accordent des tarifs

(1) D'autres relations attribuent seulement à 20 ou 30 p. cent la teneur en tannin du québraco. C'est toujours une extrême supériorité économique sur l'écorce de chêne.

de faveur aussi bas que possible pour le transport des écorces à tan (1).

Le même numéro du journal Le Bois donne, en article de tête, une délibération, en date du 3 juillet, de la Chambre de Commerce de Montpellier se plaignant du déboisement du pays et de l'infériorité de la qualité des cuirs, résultat de la substitution de l'emploi du bois de châtaignier réduit en poudre, pour la tannerie, aux lieu et place de l'écorce du chêne vert. On abat à outrance, et sans en replanter d'autres, les vieux châtaigniers — d'où résulte le déboisement — et on transforme leur bois en tan — d'où résulte l'avilissement des écorces de chêne vert en même temps que la disparition graduelle d'une denrée alimentaire précieuse, la châtaigne.

Nous ajouterons que la plainte des habitants de Montpellier peut s'étendre à peu près à tous les pays où domine le châtaignier. Déjà, dans notre dernier bulletin (juillet 1912), nous signalions le danger de cet emploi du châtaignier pour l'existence même en France de cette précieuse essence.

Afforestation et dépopulation ? — Dans un mémoire présenté au 51e Congrès des sociétés savantes (Grenoble, mai 1913) et dont une analyse est donnée par la Société forestière de Franche-Comté et Belfort (2), M. L. A. Fabre attribue aux reboisements, particulièrement au reboisement des montagnes, l'une des causes de la dépopulation en France. La *nationalisation*, c'est-à-dire l'acquisition par l'État, soit à l'amiable soit par expropriation, de forêts ou de terrains à reboiser, correspondrait à la *dénationalisation* des habitants qui fuiraient des contrées ainsi enlevées à la culture. Chaque année, cinq à six mille hectares de terrains montagneux sont chèrement « nationalisés » au prix de plus de 500 000 francs, et provoquent la « dénationalisation » d'une centaine de familles rurales.

Ainsi le repeuplement forestier ne se ferait qu'au prix du dépeuplement humain.

(1) Déjà, à sa séance générale du 20 février dernier, la Société des Agriculteurs de France, sur la proposition de M. Gazeau, président du Syndicat des Propriétaires forestiers de la Touraine, a émis le vœu que « tous les cuirs livrés au commerce portent, à côté de la marque de fabrique, une autre marque indiquant qu'ils ont été tannés exclusivement par l'écorce de chêne ».

(2) Bulletin trimestriel de juin 1913. La rédaction du Bulletin rappelle, à cette occasion, qu'elle laisse à ses collaborateurs la pleine et entière responsabilité de leurs articles.

L'auteur reconnaît d'ailleurs que le fisc, par ses exigences excessives, contribue aussi à ce résultat, soit en poussant les montagnards à surcharger leurs pâturages de moutons tant locaux que transhumants, soit en incitant les propriétaires à exploiter leur bois à outrance, abattant leurs futaies bien au delà des possibilités. Il voudrait qu'un *régime agraire* fût institué pour parer à ce danger.

Mais d'autre part, on lit dans le savant cours d'agronomie forestière de M. Paul Descombes, des considérations fort plausibles en sens inverse (1). Il y est constaté que l'exploitation normale d'une forêt procure aux populations rurales qui l'entourent un travail d'hiver pouvant être évalué, chaque année, à raison d'une vingtaine de francs par hectare, et ne gênant en rien les travaux ruraux proprement dits, étant faits dans la morte saison. En sorte que le défrichement d'une forêt de 1000 hectares, par exemple, supprime à tout jamais une vingtaine de mille francs de salaires annuels qui faisaient vivre un grand nombre de familles. D'où la dispersion de celles-ci, ce gagne-pain leur manquant.

On lit encore dans les Annales du Musée Social, août 1912, sous la rubrique : *Influence du déboisement sur la désertion des campagnes :*

« On a été parfois tenté de penser que la mise en culture des terrains boisés contribuerait au développement de la population rurale en lui procurant plus de main d'œuvre que l'exploitation forestière. Or, ce n'est pas la terre qui manque ; ce sont les ouvriers agricoles qui font défaut, puisque toutes les statistiques agricoles nous montrent 6 millions d'hectares de terres incultes, et c'est précisément le déboisement qui a pour effet de diminuer la population rurale en réduisant son bien-être ».

Ainsi pour les uns, la création de forêts nouvelles serait un élément de dépopulation, et pour les autres ce serait au contraire la suppression ou disparition des forêts existantes ou ayant existé qui aurait contribué à ce résultat.

Propositions éminemment contradictoires.

On pourrait, à ce sujet, établir une discussion détaillée et étendue et montrer que de part et d'autre on s'appuie sur des vérités de faits partielles, ayant cependant certains points communs.

(1) *Éléments de Sylvonomie.* Chapitre Ier.

Sans vouloir nous lancer dans un tel travail, mais nous en tenant aux généralités, nous pouvons invoquer les considérations suivantes.

Quand la Gaule celtique ou gallo-romaine ou même franque était, pour les deux tiers de sa superficie, couverte de forêts plus ou moins impénétrables, il est clair que la diminution ou réduction du sol boisé était un élément de civilisation et d'accroissement de la population. Tout retour alors à la forêt de terrains antérieurement défrichés et cultivés était un recul et contribuait à refouler l'élan d'accroissement des jeunes populations.

Mais un moment vint — et il est venu en France depuis longtemps — où la proportion de juste équilibre entre la superficie cultivée et la superficie boisée fut dépassée.

Cet état de choses atteint, la situation s'est trouvée retournée; et, la part faite à quelques cas particuliers ou exceptionnels, on peut dire que chez nous l'accroissement du sol forestier, en présence de nos soixante mille kilomètres carrés de friches et de terres incultes (un peu plus du 1/5e de la superficie totale), est chose excellente et favorable *en soi* au développement de la population et au bien-être général.

Quant à la *nationalisation*, c'est-à-dire à la possession par l'État d'une portion du sol boisé du pays, c'est une nécessité de la constitution actuelle de la propriété en France. Sans doute cette possession par l'État doit être renfermée dans certaines limites; ici encore nous rencontrons une question de proportion et d'équilibre. Mais le meilleur moyen de restreindre de plus en plus cette nécessité serait que de plus en plus les associations, sociétés, personnes morales de toute nature représentant des êtres impérissables, devinssent possesseurs de forêts importantes qu'elles seraient, de même que l'État, en mesure de laisser croître en futaie à longue révolution.

Le *régime agraire*, dont M. L. A. Fabre souhaite la constitution, existe d'ailleurs sous un autre nom; il n'est autre que l'organisation de l'Œuvre de la restauration ou aménagement des montagnes pastorales que réalise avec un incontestable succès la Société centrale fondée à cet effet et dirigée avec un zèle infatigable par M. Paul Descombes. Il est vrai qu'elle n'est point officielle et provient exclusivement de l'initiative privée. Elle n'en a que plus de vitalité et, prêchant d'exemple, d'influence heureuse sur les populations des montagnes.

Les forêts des colonies françaises. — La surface boisée de l'ensemble des colonies françaises ne couvre pas plus, en moyenne, que 7 p. c. de l'étendue de leurs territoires, ce qui n'est guère que le cinquième du taux normal lequel serait de 33 p. c. Au reste, du taux nul du boisement des contrées désertiques, comme le Sahara, à la pléthore des forêts vierges de la Guyane, par exemple, toutes les nuances intermédiaires se rencontrent ; malheureusement, comme on le voit, l'insuffisance dépasse de beaucoup la surabondance ; et la première, si l'on ne s'efforce d'y mettre bon ordre, tendrait, sous l'empire d'un concours de causes diverses, à s'accroître de plus en plus.

Il en est ou en a été ainsi un peu partout. Mais c'est surtout aux États-Unis d'Amérique et au Canada qu'a existé naguère cette pléthore qui se rencontre encore dans certaines forêts de la zone équatoriale. Après avoir longtemps puisé sans compter dans les forêts nord-américaines, on a fini par s'apercevoir qu'à gaspiller ainsi ces trésors de la nature, on aboutirait assez promptement à les ruiner. Un énergique effort a été fait, notamment sous l'influence du président Roosevelt, pour réagir contre ce système de dilapidation. Par les soins d'un administrateur, ancien élève de l'école forestière de Nancy, M. Gifford Pinchet, le domaine forestier de l'Union s'est accru de 750 000 kilomètres carrés ou 75 millions d'hectares (1) ; et le personnel chargé de leur gestion a été porté du nombre infime de 17 agents à plus de 2000 (2).

Malheureusement dans un grand nombre de nos colonies, malgré que le taux de boisement par rapport aux autres terres y soit, comme on l'a vu plus haut, notoirement insuffisant, on en est encore à des errements équivalents à ceux qu'a abandonnés l'Amérique du Nord. En Algérie, notamment, l'incendie et d'innombrables troupeaux, de temps peut-on dire immémorial,

(1) La surface de la France étant, d'après l'ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES, de 536 444 kilomètres carrés, on voit que l'accroissement de la propriété domaniale forestière de l'Union correspondrait à une fois et demie la superficie de la France entière. Il est vrai que l'immense territoire des États-Unis ne comprend pas moins de 9 212 300 kilom. carrés.

(2) Cf. L'opuscule de M. Paul Descombes intitulé : *Sauvegardons les richesses forestières de nos colonies*, extrait du BULLETIN (décembre 1912) de la Société de Géographie commerciale de Paris.

Ce nombre de 2000 agents est encore bien faible, car il correspond à une moyenne de 375 000 hectares par unité de personne, ce qui est visiblement au-dessus des forces humaines, à moins que chacun de ces 2000 agents n'ait sous ses ordres des auxiliaires subalternes en nombre suffisant.

ravageaient incessamment le sol forestier. Heureusement, le Gouvernement de la colonie, avec le concours de la « Ligue pour le reboisement de l'Algérie », est parvenu, par un ensemble de mesures salutaires, à réduire des neuf dixièmes les dégâts antérieurs (1).

Il y a d'ailleurs, dans nos diverses colonies, d'autres causes de déboisement que l'incendie et les troupeaux. La consommation des bois s'y accroît du fait même de l'accession des populations indigènes à la civilisation, et l'on exploite les forêts dans chaque État colonial sans se préoccuper suffisamment de leur possibilité. Il y a encore beaucoup à faire pour rapprocher du taux normal la surface boisée de ces régions. On signale notamment en Indo-Chine une masse forestière évaluée à 25 millions d'hectares exposée à la dévastation soit par les indigènes, soit par les colons, soit par les troupes elles-mêmes. Il en serait de même dans nos possessions de l'Afrique occidentale et équatoriale. Dans la première, on cite la presque disparition d'un rideau boisé de 900 kilomètres de longueur, peuplé d'*acacia arabien*, et qui protégeait les terres contre l'envahissement des sables du désert (2).

En Turkestan russe. — D'un rapport fourni par M. Bure, consul général de Belgique en Russie, sur les forêts du Turkestan russe, quelques traits dignes d'intérêt sont à retenir (3).

Elles sont de trois catégories : les forêts de montagne d'une étendue de 1 800 000 hectares ; les forêts longeant les cours d'eau couvrant 500 000 hectares seulement ; et 20 millions d'hectares de forêts dans les steppes, en tout 22 300 000 hectares, soit un huitième du territoire de la colonie.

En montagne ce sont, avec divers conifères, le bouleau, l'orme, l'érable, le frêne, le hêtre qui peuplent les forêts, sans compter les *fruitiers* (pommier, poirier, abricotier, pistachier, prunier,

(1) Extrait d'une lettre de M. Jonnart, gouverneur général de l'Algérie ; REVUE DES EAUX ET FORÊTS, avril 1905. Les incendies avaient, en 1902, détruit des forêts représentant la somme énorme de 5 millions ; en 1903, la perte n'était plus que de 500 000 fr., c'était encore beaucoup trop, mais la proportion, d'après M. Paul Descombes, a encore diminué depuis. On verra plus loin que, par malheur, une recrudescence de ce fléau s'est récemment produite.

(2) Cf, le BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DES AMIS DES ARBRES : Gustave Regelsperger.

(3) Cf. BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ FORESTIÈRE CENTRALE DE BELGIQUE, juin 1913.

amandier, noyer) qui composent à eux seuls des massifs entiers dont on utilise les fruits sauvages beaucoup plus que le bois.

C'est le long des cours d'eau, principalement de l'Amou-Daria et du Syr-Daria, tous deux affluents de la mer d'Aral, que se trouvent les plus belles forêts du Turkestan russe, les *tougaï*, comme on les appelle. Croissant sur des terres d'alluvion, fréquemment irriguées, elles présentent une végétation plantureuse où se distinguent, parmi onze variétés de tamarix, l'essence dominante, « des roseaux formant jungles » (des bambous, très probablement), des peupliers et l' « orme noir » ou *Kavagatch*, arbre magnifique, d'un port aussi élancé que celui de nos hêtres, avec une cime de forme sphérique qu'on ne se lasse d'admirer ».

Tout autre et infiniment moins satisfaisant est l'aspect des forêts du steppe. Les plaines du Turkestan, désignées sous le nom de *barkhani*, sont de véritables dunes de sable, mobiles au gré des vents : on dirait les vagues d'une mer agitée. Là où rien n'arrête la poussée de ces sables amoncelés, toute végétation disparaît, les habitations et les champs courent risque d'être submergés. Un petit arbre précieux, propre à ces climats, oppose à la mobilité des dunes une résistance efficace par l'enchevêtrement de ses longues et noueuses racines. C'est une sorte de soude arborescente, *Salsola arborescens*, de la famille généralement herbacée des chénopotées (bette vulgaire, bette rave, solicicorne, etc.), le *Saxaoul*, qui ne dépasse pas six mètres d'élévation, et dont le tronc à hauteur d'homme peut atteindre $1^{m},50$ de circonférence. Avec les tamarix, les saules, le calligonum (famille des polygonées) et quelques autres essences, le saxaoul compose le principal peuplement des *barkhani* ou forêts des steppes. Son bois est dur, d'une densité supérieure à celle de l'eau, et très recherché comme chauffage. Cette dernière qualité est cause que souvent les pieds de saxaoul sont enlevés sur de vastes espaces, au grand préjudice du pays qui, sur ces points, n'est plus suffisamment protégé contre l'envahissement des sables. L'Administration russe interdit bien l'exploitation de ces arbres autrement que morts ou mourants ; mais comment prévenir et réprimer les délits sur des étendues aussi vastes et avec un personnel restreint ?

Le problème du papier. — Toujours ouverte, la question de la production de la pâte à papier ne cesse pas d'être actuelle, urgente même, la consommation de ce produit ne cessant

d'augmenter et menaçant d'absorber le bois des forêts du monde entier. Nous signalions naguère comme succédanés possibles, pour l'extraction de la cellulose, aux produits de la végétation forestière, la tourbe, les sarments de vigne, les tiges de bambou (1). Ce dernier notamment, de même que le mûrier, l'alfa, donnerait du papier de bonne qualité mais d'un prix de revient généralement trop élevé ; les sarments de vigne seraient trop peu abondants pour alimenter la grande industrie.

On ferait actuellement en Italie, d'après le COURRIER DU LIVRE, des essais avec le genêt (probablement le *Savothamnus vulgaris*, Wimmer, ou *Genista scoparia*, De Cand.), arbuste très riche en fibres textiles, qui croît spontanément et sans soins dans les terrains siliceux les plus arides et les plus secs. On en tire une pâte de bonne qualité, propre au papier à lettre, au papier à dessin, valant 40 fr. les 100 kilogr. Cette pâte laisse comme sous-produits des liquides alcalins servant à la fabrication du savon.

D'autre part, deux savants anglais, M. C. Beadle et H. P. Stevens préconisent, dans le JOURNAL OF THE ROYAL SOCIETY OF ARTS, avec l'emploi du bambou et des coques des graines de coton, celui de l'*Hedichium coronatum*.

L'*Hedichium* ou Hédiqurc est un genre voisin des cannacées et des musacées. L'*H. coronatum* est un arbrisseau de 1 à 2 m. originaire de l'Inde, mais qu'on rencontre en abondance en Afrique et dans l'Amérique méridionale, notamment dans certaines parties du Brésil où il occupe de vastes plaines et croît avec une rapidité permettant trois récoltes par an. La production serait par hectare de 14 tonnes de fibre sèche pouvant rendre huit tonnes de papier.

D'autres proposent de généraliser l'emploi, déjà pratiqué avec succès sur quelques points, de la végétation des immenses plaines marécageuses existant dans la Virginie de la Caroline, dans l'Allemagne du Nord, en Roumanie dans le delta du Danube. En Virginie, le *Dismol swamp* ou Marais sinistre, ne comprend pas moins de 1500 kilomètres carrés en grande partie couverts de roseaux phragmites qui alimentent plusieurs papeteries (2).

(1) Cf., dans la REVUE, les BULLETINS DE SYLVICULTURE de juillet 1909, 1911 et 1912.

(2) Pour plus amples et abondants détails, voir la revue hebdomadaire le COSMOS ; 14 novembre 1912, *Le papier de genêts ;* 1er mai 1913, *Notes pratiques de chimie*, par Jules Garçon ; 30 janvier 1913, *Utilisation des plantes de marais*, par Virgile Brandicourt.

La Champagne pouilleuse (1). — Cette auréole crétacée qui, dit Vidal de la Blache, se déploie en un grand arc de cercle depuis l'Oise jusqu'à l'Yonne, autour du bassin de Paris, a une largeur moyenne de 60 kilomètres. C'est un sol de craie blanche, parsemée par places de quelques rognons de silex; sa couche de terre végétale y est très mince, extrêmement perméable, par suite toujours aride et desséchée. Jusqu'à la fin du XVIIIe siècle c'était, de temps immémorial, une sorte de zone désertique, un steppe aride où n'apparaissait pas un arbre. Les rares habitants se chauffaient dans leurs chaumières de craie, couvertes de chaume, avec de la boue desséchée.

Dire qu'il en était ainsi de temps immémorial, n'est pas une simple figure de langage, une métaphore; c'est à la lettre l'expression de la réalité. Alors que la Gaule celtique ou Gallo-romaine ne formait guère, surtout dans sa moitié septentrionale, qu'une immense forêt, la zone crayeuse qui nous occupe était déjà vide de végétation ligneuse, sinon de toute végétation. Les Romains l'appelaient *Campania*, ce qui indiquait une région dépourvue de forêts. C'est, dit M. Huffel, le seul exemple, dans toute la Gaule, de terrain non boisé à l'origine (2).

Vicissitude des choses de ce monde, c'est en boisant ces terrains qui ne l'avaient jamais été que l'on est parvenu à les rendre productifs. Au commencement du siècle dernier, trois particuliers, MM. de Dampierre, de Gossins et Baltet-Petit, eurent et réalisèrent l'idée d'y introduire la végétation ligneuse; ils donnèrent l'élan. L'essence choisie était le pin sylvestre qui s'y implanta sans grande difficulté. Mais ce pin n'est point calcicole ; il ne donna que des sujets peu élancés, branchus, rabougris, et fournit seulement un médiocre bois de chauffage. Plus tard quand, vers le milieu du siècle, le pin noir d'Autriche fut connu en France et introduit à son tour dans la craie champenoise, il y donna de meilleurs produits. Mais le pin sylvestre s'est tellement implanté sur plus de dix mille hectares dans le seul département de l'Aube, où il ne donne que des bourrées et du menu chauffage sans valeur. qu'on en est à regretter presque que ces pineraies de sylvestre ne soient pas réduits à la condition de vaine pâture.

(1) Cf. Rapport lu par M. Grand d'Essun *à la Société des Agriculteurs de France*, pour la section de Sylviculture, séance du 13 février 1912; 2e Fascicule du BULLETIN de la Société.

(2) Cf. *Economie forestière*, Tome 1^r. Première partie de la 2e édition, p. 266, *ad notam*. — 1910, Paris, Gaveur.

La substitution du pin noir d'Autriche s'imposerait évidemment ici; mais elle n'est pas facile, tant le pin sylvestre s'est resemé de lui-même et a envahi le sol. On propose de tenter sur ces pins le *gemmage* ou extraction des résines, ou celle de l'alcool éthylique afin d'en tirer un profit quelconque : il paraît douteux que l'on puisse y arriver industriellement, c'est-à-dire en tirant de l'opération un bénéfice suffisant.

Taillis et résineux. — Le Bulletin de la Société forestière de Belgique, dans son numéro de mars 1913, donne, sur les boisements en résineux dans ce pays, des indications qui seraient utilement méditées ailleurs même qu'en Belgique.

L'auteur, qui signe Sylvio, constate que de 118 865 hectares boisés en pins et épicéas qui existaient en Belgique en 1880, cette étendue s'élevait, en 1895, à 150 735 hectares. Dans l'espace de quinze ans, l'accroissement avait donc été de près de 32 000 hectares.

Comme l'accroissement réalisé en 1895 a dû, selon toute probabilité, augmenter depuis lors dans la même proportion, on peut évaluer facilement à plus de 180 000 hectares la superficie des terres actuellement boisées en résineux (pins et épicéas). Ce choix des essences abiétinées est justifié par diverses considérations. Le pin sylvestre se plaît dans les terrains siliceux les plus maigres, le pin noir d'Autriche dans les sols calcaires les plus secs, et l'épicéa ne redoute pas les *fagnes* ou terres marécageuses fréquentes dans les vastes plaines belges. On peut donc les employer efficacement non seulement pour tirer parti des terres culturalement improductives, mais aussi pour être substitués aux essences feuillues dans les taillis à courte révolution dont le rendement est de plus en plus ingrat. Supplantés par les combustibles minéraux, les bois de feu (chauffage et charbon) sont de moins en moins recherchés, et partant leurs prix de plus en plus avilis. Au contraire, les bois de service et d'industrie sont de plus en plus demandés et de mieux en mieux cotés. Si donc la marche à suivre, dans les taillis vigoureux et bienvenants, doit consister à en allonger la révolution, à exploiter par exemple à 30 ou 35 ans les taillis exploités jusqu'ici à 20 ou 25 ans, on aura plus d'avantage dans les taillis maigres et chétifs ne produisant guère que d'invendables bourrées en fagots, à les transformer en *pineraies* ou en *pessières* (de *pesse,* nom populaire de l'épicéa).

La hausse croissante du prix de la main d'œuvre entre aussi

pour une part importante dans l'avantage de la substitution de la pineraie ou de la pessière aux taillis malvenants ou à faible révolution. A prix égal, la main d'œuvre qui fabriquera des étais de mine avec de jeunes pins, de la menue charpente ou de la volige avec des brins d'épicéa, fournira des produits rémunérateurs au lieu de fagotage inutile.

L'écrivain du BULLETIN évalue à cent mille hectares l'étendue des bois existant en Belgique à l'état de taillis simple; et il estime que les sept dixièmes environ de cette étendue devraient être convertis en ce qu'il appelle des *sapinières*, entendant par là des pessières et des pineraies, les autres trois dixièmes traités dans des conditions satisfaisantes de sol et de situation, en taillis sous futaie à révolution assez longue pour produire du bois ouvrable. La raison économique qu'il en donne est assez caractéristique : la Belgique importerait annuellement de l'étranger pour 124 millions de bois, autres que le noyer et le chêne, la presque totalité de ces produits étant représentée par des bois résineux venant de Russie, de Suède et de Norvège, tandis que la production belge ne contribuerait à la consommation locale que pour 5 à 6 millions seulement.

Influence améliorante du robinier. — La présence du robinier ou faux acacia aurait-elle, comme d'autres légumineuses, telle la luzerne par exemple, la propriété de décomposer par ses racines les nitrates répandus dans le sol, pour en dégager l'azote ?

En termes plus simples, aurait-elle vraiment une influence améliorante sur le sol ?

Déjà, en janvier 1903, p. 344, nous signalions dans ce recueil les curieuses observations en ce sens d'un forestier du Grand-duché de Saxe-Weimar, M. le conseiller Matthès, d'Eisnach, rapportées par la REVUE DES EAUX ET FORÊTS de juin 1902. Cet observateur avait remarqué, dans une plantation, effectuée en 1894, de jeunes épicéas de trois ans et âgés alors d'une quinzaine d'années, un groupe de jeunes arbres plus touffus, plus élevés, plus vigoureux que tout le surplus de la plantation. Enquête faite, il apprit que, antérieurement, l'entrepreneur d'une coupe voisine avait brûlé sur cet emplacement même, des déchets, brindilles et autres menus débris de robinier sans valeur marchande et dont il avait voulu ainsi se débarrasser.

Poursuivant ses observations, M. le conseiller forestier Matthès, remarqua que plusieurs groupes, semblables au premier par

l'exubérance exceptionnelle de leur végétation, se trouvaient disséminés sur plusieurs autres points de la plantation. Celle-ci avait été faite sur le parterre d'une ancienne coupe de taillis d'essences mélangées ; et les points sur lesquels les jeunes épicéas primaient les autres étaient ceux où le robinier lui-même avait prédominé.

Il est difficile de voir là un simple effet du hasard.

Cependant l'on n'avait pas, jusqu'ici, produit d'autres exemples. Mais voici que la Société forestière centrale de Belgique, dans son Bulletin de mai dernier, signale un effet analogue de la présence du robinier sur la bonne venue du chêne.

Dans un bois de venue d'ailleurs médiocre, appelé La Vecquée, on avait exploité, dans le courant du siècle dernier, toute une rangée de vieux robiniers malvenants, rabougris, plus ou moins tarés. Comme il arrive en pareil cas avec cette essence, les racines longuement traçantes ont rejeté dans toutes les directions d'innombrables drageons, lesquels sont devenus des brins vigoureux qui, mêlés aux rejets de chêne, ont favorisé la croissance de ceux-ci. De telle sorte que sur une surface de 1h.25a. où s'était étendu le drageonnement des racines de robinier, les brins de chêne sont bienvenants et vigoureux, tandis qu'ils seraient malingres et chétifs sur le surplus du bois de La Vecquée.

Rapproché de l'exemple précédent, le fait mérite d'être remarqué.

Le Charançon sauteur ou Orcheste du hêtre *(Orchestes fagi)*. — C'est un tout petit insecte coléoptère, de la famille des curculionides, qui ne mesure pas plus de 2 à 3 millimètres de long; le corps est noir avec pattes et antennes jaunâtres; les cuisses postérieures sont renflées, ce qui permet à l'insecte de sauter de feuille en feuille, d'où son nom vulgaire de charançon sauteur.

C'est aux dépens des feuilles du hêtre que, soit à l'état de larve, soit à l'état d'insecte parfait, vit cet orcheste. Larve, il s'insinue entre les deux membranes de la feuille, en dévore le parenchyme; celle-là, au fur et à mesure de la disparition de celui-ci, brunit et finit par tomber. Insecte parfait, l'orcheste saute de feuille en feuille, mais sans manquer de donner, à chaque saut, un bon coup de ses mandibules au tissu foliacé : tombe-t-il à terre, il soulève ses élytres, étend ses ailes et prend son vol.

Ce malfaisant curculionide a tout particulièrement exercé des ravages, en 1912, dans la forêt d'Eu et dans les autres forêts de la Normandie où domine le hêtre (1). Il en avait été de même, onze ans auparavant en 1901 : dès l'apparition des feuilles sorties tardivement vers le milieu de mai, les orchestes s'y sont jetés avec une voracité extrême ; en peu de temps, toutes étaient contaminées, elles finirent par tomber, et la forêt se trouva dépouillée comme en hiver.

Pareil fait s'est produit dans les hêtraies de Belgique, au printemps de 1912 (2), notamment dans les massifs domaniaux d'Anlier et de Rulles et dans les bois communaux avoisinants. Dans le cantonnement forestier de Habay, huit mille hectares de futaies de hêtre ont été ainsi ravagés. Dès le mois de mai, les feuilles commençaient à prendre à leur extrémité une teinte brune comme en automne, et toute leur partie supérieure se fanait.

Les arbres et les rejets vigoureux et forts finissent par se remettre d'une pareille atteinte, non toutefois sans éprouver un ralentissement considérable dans leur croissance. Quant aux jeunes plants, aux sujets de pépinière ou récemment mis à demeure, ils risquent fort de périr. M. Paul Gonze, dans le Bulletin de la Société forestière centrale de Belgique, évalue à 25 p. cent, la portion de surface foliacée détruite par le charançon du hêtre.

On ne connaît jusqu'à présent aucun moyen de combattre un tel fléau. Une saison sèche et chaude lui est favorable ; comme l'été de 1912 a été généralement humide et froid, celui de 1913 pareillement, il est permis d'espérer un temps d'arrêt dans cette invasion insectiforme.

Un insecte ami des arbres. — On s'occupe beaucoup, et avec raison, non seulement des orchestes du hêtre et d'autres arbres, mais aussi d'une multitude d'insectes *xylophages* et *phyllophages,* chenilles, larves ou à l'état parfait, qui vivent aux dépens soit des feuilles, soit des racines, soit de l'écorce ou du cœur des arbres.

Mais ne néglige-t-on pas d'autres insectes qui vivent, eux, aux dépens des xylophages, ne se souciant point de feuilles ni de

(1) Cf. le Bulletin de la Société forestière de Franche-Comté et Belfort, n° de juin 1913, article de M. E. Maire.

(2) Cf. le Bulletin de la Société forestière centrale de Belgique, n° de juillet 1912, pp. 141 et 144.

tissus ligneux, et sont avides de proie animale et vivante ? De ce nombre est un genre qui fournit les plus beaux insectes coléoptères de nos climats. Les *calosoma* ou *calosome* (καλός, beau ; σῶμα, corps), ennemis acharnés, ou plutôt amateurs insatiables de toute espèce de chenilles, seraient un des plus actifs auxiliaires de l'homme dans la lutte contre ces adversaires implacables des arbres que sont les insectes vivant aux dépens de leurs feuilles.

Le *Calosoma Sycophanta*, le plus remarquable du genre, dit M. Acloque, est un véritable bijou vivant, pouvant soutenir la comparaison avec les plus brillants représentants de la faune entomologique des pays chauds, tant par l'élégance des formes que par la somptuosité et le coloris du vêtement : tête et thorax, d'un beau violet foncé, finement granulé ; élytres au fond vert doré, sur lequel se jouent des reflets bleus, changeant suivant l'incidence de la lumière (1).

Ce carabidé habite volontiers le chêne, le hêtre, l'orme et les conifères ; il mériterait qu'on s'occupât de le propager, de le multiplier pour la guerre acharnée qu'il fait aux chenilles.

Esthétique et Sylviculture en forêt de Fontainebleau. — La sylviculture est une chose, l'esthétique en est une autre. Que ces deux choses soient souvent conciliables, que l'on doive les faire concorder — et le cas est fréquent — toutes les fois que la chose est possible, rien de mieux. Mais conciliation et accord ne sont pas synonymes de subordination. Vouloir obliger les propriétaires de bois, le propriétaire fût-il l'État lui-même, à laisser sur pied tous les arbres dépérissants ou morts, sous prétexte qu'ils ornent le paysage, ce serait un singulier abus. L'on ne saurait trop réagir contre certains mouvements d'opinion en faveur de la conservation indéfinie des vieux arbres dans les forêts, comme celle de Fontainebleau, que le public aime à fréquenter.

Une sorte de levée de boucliers s'était faite naguère à l'occasion de la mise en vente, dans cette forêt, de 273 arbres morts. Il avait été fait à ce propos un tel tapage que l'administration effrayée, en ce temps de « frousse » électorale, crut devoir surseoir à l'exploitation de ce matériel inutile, encombrant et partant nuisible. On ne parlait de rien moins que de transférer de l'Ad-

(1) Acloque, *Les Calosomes destructeurs de chenilles*, in Cosmos, 4 septembre 1913.

ministration forestière à celle des beaux-arts, certaines parties de la forêt qu'on aurait désignées sous le nom de *séries artistiques* !

Le Touring-Club de France, qui n'est certes pas suspect ici, puisqu'il s'est fait une spécialité de la conservation des beaux sites, est intelligemment intervenu en cette affaire. Après une enquête approfondie, il a, par la plume spirituelle de son secrétaire général, fait connaître au public, dans sa Revue mensuelle, que les 273 arbres morts objet de la tempête, n'avaient, au point de vue pittoresque, au point de vue artistique, aucune espèce de valeur, étant des cadavres décharnés, aux branches et rameaux pourrissants et finalement beaucoup plus nuisibles qu'utiles au bon aspect de la forêt (1).

Comment donc expliquer une telle rumeur, assez puissante pour avoir fait reculer, pendant quelques instants, une grande administration publique ?

L'explication vient d'une disposition d'esprit dont le nom est récent, bien qu'elle ait toujours existé; elle vient du *snobisme*. Ce ne sont pas les vrais artistes, les gens de goût qui ont protesté contre l'abatage de deux ou trois centaines d'arbres morts, lesquels en réalité déshonoraient plutôt la forêt : ce sont maints badauds très peu compétents en esthétique quelconque, mais pensant se poser de cette façon en connaisseurs, en conservateurs des beautés de la nature.

La vérité est qu'une forêt aussi importante que celle de Fontainebleau doit être traitée d'abord au point de vue cultural et économique, sauf, dans l'intérêt de l'art et à titre exceptionnel, à réserver indéfiniment quelques arbres plus particulièrement remarquables soit par la position qu'ils occupent, soit par leur forme, leurs dimensions ou certaines traditions qui s'y rattachent.

Mais quand il s'agit de sujets morts, mourants ou même simplement parvenus au terme de leur exploitabilité, le propriétaire a, en bonne gestion, le devoir de les abattre : en ne le faisant pas, d'une part il frustrerait la fortune publique d'une valeur qui ne peut qu'aller en diminuant à rester sur pied; de l'autre, il perdrait toute la valeur qu'aurait acquise le recru succédant à l'exploitation des vieux arbres.

(1) Cf. la Revue mensuelle du Touring-Club. N° de janvier 1913, article reproduit par la Revue des Eaux et Forêts et par le Bulletin de la Société forestière de Belgique.

Que les artistes fassent de l'art et les forestiers de la sylviculture ! Ce qui peut s'exprimer par cette pensée profonde de l'immortel fabuliste :

Quiconque est loup agisse en loup,
C'est le plus certain de beaucoup.

Deux coudriers géants. — On sait que le coudrier noisetier, *Corylus avellana,* Lin., est un arbrisseau de faible élévation et qui, dès qu'il a atteint la hauteur de trois mètres à trois mètres et demi, quatre au plus, se couronne et dépérit pour être remplacé par des rejets grêles et allongés. Cet état habituel rend d'autant plus remarquable le fait de deux exemplaires de cette essence qui atteignent, à $1^{m},30$ du sol, l'un $1^{m},35$ et l'autre $1^{m},50$ de circonférence, ce qui correspond à des diamètres de $0^{m},45$ et $0^{m},53$; leurs hauteurs sont respectivement de 7 et 6 mètres.

Ces *arbres* (on ne peut plus taxer d'*arbrisseaux* de tels sujets) sont situés dans le jardin d'un établissement public de la ville de Gray (H^te^ Saône), appelé Jardin Wattelet. Le fût ou tronc de ces patriarches de la végétation arbustive montre une écorce presque lisse encore, ou du moins à peine gercée; leur conformation est très régulière (1).

Le fait nous a paru assez rare pour mériter d'être signalé.

Un chêne de cinq siècles. — Un fait moins extraordinaire et cependant non moins remarquable — et peut-être en même temps regrettable — c'est l'exploitation d'un chêne âgé au moins de cinq cents ans, dans la forêt communale d'Olizy près Stenay (Meuse). Il a été vendu au prix de neuf cents francs net, les frais d'exploitation restant à la charge de l'acquéreur. Le fût en grume, de 4 mètres de circonférence, mesurait $8^{m3},500$. Le houppier et les branches ont donné 72 poteaux et 25 stères de bois de chauffage, et la souche 27 stères. Il dominait une colline.

La municipalité n'avait pas accepté la proposition faite par le service forestier, « de le réserver », parce qu'il existait dans la même coupe deux « vieilles écorces » un peu moins âgées, et présentant des dimensions analogues (2).

(1) Cf. le BULLETIN (trimestriel) de septembre 1913, de la Société forestière de Franche-Comté et Belfort.

(2) Cf. LE SOLEIL du 15 août 1913.

Les incendies de forêts. — L'été de 1913 s'est signalé malheureusement par les extraordinaires ravages du feu dans les peuplements forestiers. Le 23 juillet et jours suivants, c'est dans les bois de l'île de Porquerolles, la plus grande des îles d'Hyères, qu'a sévi l'incendie. Toute la garnison, composée de 300 hommes, renforcée successivement de 100 hommes du 8e colonial, puis de 200 autres du 4e du même corps, envoyés de Toulon, a travaillé plusieurs jours à circonscrire le feu et finalement à l'éteindre et à préserver des magasins de munitions d'artillerie ; encore a-t-on dû noyer d'autres munitions emmagasinées dans une citerne, pour éviter une explosion qui eût produit d'énormes ravages.

En même temps, le feu prenait dans la région forestière des Maures, s'étendant rapidement, sous l'influence d'un fort vent de N. W., sur une longueur de 20 kilomètres ! Tout le vaste massif des Maures, domanial, communal ou privé, était menacé. Les populations riveraines fuyaient éperdues. De nombreuses troupes, expédiées de Toulon, principalement du 72e colonial, et commandées par le capitaine Levasseur, les marins de la division des Écoles mouillée aux Salins, sous les ordres de l'enseigne Leygnes, sont venus prêter leur concours pour travailler à circonscrire l'incendie et protéger les riverains.

Mais c'est surtout en Algérie que l'incendie s'est attaqué aux forêts dans des proportions telles qu'on a pu les qualifier de « désastre » dont l'histoire de l'Algérie depuis l'occupation n'offre que de rares exemples. Et ce qu'il y a de plus affligeant c'est de constater, comme l'enquête instituée à cet effet l'aurait établi, qu'un trop grand nombre des populations indigènes « sont hostiles à l'arbre », surtout aux arbres assemblés en forêts. Ce sont les indigènes eux-mêmes qui cherchent à détruire celles-ci par le feu pour les transformer en pâturages. Aussi quand éclate au sein d'une forêt l'incendie, les populations riveraines se refusent-elles à coopérer au sauvetage, si même elles ne cherchent pas à s'y opposer.

Sur une dépêche du gouverneur de l'Algérie au procureur général, la magistrature algérienne s'occupe activement de rechercher les auteurs de ces actes criminels en vue de châtier les coupables et de rassurer les colons comme ceux des indigènes qui, plus instruits et mieux éclairés, ont le souci de la prospérité de la colonie.

Le dernier incendie dont il nous reste à parler, s'est produit dans la forêt de Fontainebleau, en la troisième décade de sep-

tembre, dans des conditions bizarres et que l'on pourrait traiter d'ironiques. Ce n'est qu'au bout de trois jours que l'on a pu s'en rendre maître. Chose étrange, paradoxale, c'est un appareil *extincteur d'incendies* qui a mis le feu à la forêt... indirectement toutefois.

Voici comment.

Un inventeur d'explosifs extincteurs, voulant prouver par une expérience publique l'excellence de ses appareils, avait obtenu l'autorisation d'allumer dans un canton déterminé de la forêt, un petit incendie qu'il se faisait fort d'éteindre aussitôt avec un de ses appareils.

Ainsi fut fait. Le feu fut allumé, dit-on, par les gardes forestiers eux-mêmes ; et lorsque le petit incendie battit, ou plutôt *flamba* son plein, l'industriel inventeur du système éteignit presque instantanément le feu grâce à son appareil. Seulement — et voici où intervient le guignon — une ou deux minuscules flammèches, échappées à l'action de l'extincteur et poussées par le vent, allèrent rallumer l'incendie à quelque distance plus loin. Grâce à la force du vent, le feu alimenté par la couverture vivante mais desséchée du sol, se répandait au loin avec une rapidité telle que les malheureux gardes ne parvinrent, comme on l'a dit, qu'au bout de trois jours, même secondés par les « explosifs extincteurs », à s'en rendre maîtres (1).

Ces incendies forestiers, que nous sommes loin d'avoir tous relatés, ont provoqué la sollicitude de la Société nationale d'Agriculture, cette Académie française agronomique. Elle propose, par l'organe d'un de ses membres, M. Marchal, de l'Académie des Sciences et professeur au Museum, de découper en quelque sorte les forêts en manières de damiers, au moyen de haies composées de végétaux ignifuges tels que cactus, nopals et autres plantes grasses contre lesquelles viendrait mourir le feu qui généralement court sur le sol et dessèche seulement le pied des arbres sans les enflammer.

Cette idée a été reprise par M. Rivet, professeur à l'Institut agronomique, et le Ministère de l'Agriculture aurait été saisi d'un projet en ce sens. Mais jusqu'à présent aucune décision n'est intervenue (2).

C. de Kirwan.

(1) Cf. Le Nouvelliste de Lyon, 25 juillet, 7 et 27 septembre 1913.
(2) Cf. La Démocratie rurale, 28 septembre 1913.

SCIENCES TECHNIQUES

Les applications du gaz de ville au point de vue hygiénique et économique. (Bulletin de l'Association des Gaziers Belges, avril 1913). — I. *L'Éclairage au gaz.* — Autrefois, l'on considérait uniquement le pouvoir éclairant du gaz. Il provenait du carbone libéré au moment de la combustion et porté à l'incandescence par la chaleur de la flamme. Les anciens types de becs du genre Argand avec cheminée en verre, consommaient 200 litres à l'heure, et donnaient une puissance lumineuse d'environ une bougie par 10 litres de gaz. Depuis la découverte du Dr Auer von Welsbach et sa mise en pratique, les conditions de l'éclairage ont été totalement modifiées. Le meilleur gaz n'est plus celui qui possède un pouvoir éclairant élevé, mais bien celui qui dégage beaucoup de chaleur en brûlant. Sa fonction principale consiste, en effet, à chauffer un manchon recouvert de « terres rares », corps doués d'un grand pouvoir émissif. Habituellement les manchons sont imprégnés d'un mélange de 99 % d'oxyde de thorium avec 1 % d'oxyde de Cérium. Ils donnent un éclairage beaucoup plus brillant que celui des flammes et moins coûteux. Un bec moderne à incandescence ancienne consomme seulement 1 litre de gaz à l'heure par bougie et fournit une puissance lumineuse de 80 à 100 bougies.

Par la combustion, l'hydrogène, l'oxyde de carbone, le méthane et les hydrocarbures divers qui composent le gaz, se transforment en deux produits principaux : la vapeur d'eau et l'acide carbonique. Un bec ordinaire à incandescence de 100 litres de gaz à l'heure donne, pendant ce temps, 126 litres de vapeur d'eau et 57 litres d'acide carbonique. Ce serait une erreur de croire que la présence de ce dernier corps rend l'éclairage au gaz non hygiénique. Les récents travaux sur cette question si discutée, en particulier ceux du professeur Lewes, sont à ce point de vue des plus instructifs.

Lavoisier avait déjà signalé l'existence d'acide carbonique libre dans l'air. Plus tard il fut démontré que ce gaz était absorbé par les parties vertes des végétaux qui fixent le carbone et rendent l'oxygène à l'air. On en vint à apprécier la pureté d'une atmosphère par sa pauvreté en acide carbonique. Ses effets nocifs furent cependant mis en doute par des savants tels que Sequart

et d'Arsonval, qui montrèrent que dans une salle mal ventilée, seules les matières organiques provenant de la respiration sont nuisibles. Toutefois, comme leur dosage est très difficile, et que leur présence est toujours corrélative de celle de l'acide carbonique, ce dernier continua à servir de guide aux hygiénistes. D'après Pettenkoffer, l'air reconnu très pur en contient encore 0,04 %. Se basant sur ce chiffre, certaines autorités sanitaires ont fixé à 0,06 % la limite acceptable dans les espaces fermés. Mais en général, ces clauses sont restées inobservées, d'autres auteurs prétendant que les conditions hygrométriques et la température étaient prépondérantes.

Ce sont les expériences faites dans ces dernières années, principalement en Angleterre, qui sont venues apporter des idées nouvelles au sujet de la valeur hygiénique de l'air. Ainsi, le docteur Haldane a reconnu que les matières organiques formées par la respiration, ne sont pas dangereuses pour la santé, mais à cause de leur décomposition facile, elles donnent rapidement une odeur tout à fait déplaisante. Les docteurs Léonard Hill et Haldane ont également établi qu'une proportion de 3 à 4 % d'acide carbonique dans l'air, n'a d'autre effet que de rendre la respiration plus profonde. Quand elle s'élève à 6 %, on commence à ressentir des palpitations et des maux de tête. A 11-12 % on observe le coma, sans cependant que la mort s'ensuive immédiatement. D'autre part, ces même expérimentateurs ont démontré que la teneur de l'air en oxygène, qui normalement est d'environ de 21 % pouvait être abaissée jusqu'à 17,5 % sans occasionner le moindre dérangement des fonctions vitales. L'oppression et le malaise que l'on ressent souvent dans les endroits mal ventilés n'auraient donc rien à voir avec la composition chimique de l'atmosphère. Les conditions hygiéniques dépendent surtout de l'état hygrométrique, de la température et principalement du mouvement de l'air.

L'ensemble de toutes ces recherches montre que les anciennes idées se sont profondément modifiées. Le côté hygiénique d'un éclairage doit donc être examiné en tenant compte des découvertes récentes. Dès lors le gaz reprend une place que l'électricité avait cherché à lui ravir. On faisait en effet valoir à l'avantage de cette dernière, que ne prenant et n'ajoutant rien à l'atmosphère des pièces, celle-ci devait forcément rester plus saine que dans le cas d'emploi du gaz. En réalité, c'est tout le contraire que l'on a observé. Les produits chauds de la combustion du gaz aspirent les émanations de la

respiration, carbonisent et stérilisent les germes qu'ils renferment. Ils atteignent le plafond à une température assez élevée qui favorise leur diffusion avec une vitesse suffisante pour produire un appel d'air sous les portes et les fenêtres. Par suite de cette ventilation naturelle, l'air de la zone de respiration dans une salle fermée et éclairée au gaz est plus pur que dans le cas de l'éclairage électrique. Celui-ci, il est vrai, ne dégage aucuns produits brûlés, mais il ne crée pas non plus un mouvement d'air important. On cherche souvent à parer à cet inconvénient au moyen d'une agitation mécanique de l'air. Ce n'est là qu'une demi-mesure, car les matières organiques restent en suspension ; elles ne sont pas détruites, mais simplement déplacées.

Les taches brunâtres que l'on remarque fréquemment au-dessus des becs de gaz ne sont pas, comme certains le pensent, l'indice d'une combustion incomplète. Bien au contraire, elles forment la preuve d'un travail bienfaisant de stérilisation. Elles sont, en effet, dues aux produits organiques carbonisés par le gaz et abandonnés par lui au moment de sa diffusion à travers le plafond.

Le docteur Samuel Rideal, à la suite d'une enquête approfondie sur ce sujet arrive à cette conclusion : grâce à une meilleure ventilation, l'éclairage au gaz est, au point de vue hygiénique, supérieur à l'électricité (Journal of the Royal Sanitary Institute, 1908).

Après avoir montré que le gaz ne vicie nullement l'atmosphère des pièces qu'il éclaire, examinons son emploi au point de vue économique. Dans ce but comparons-le à ses deux concurrents les plus sérieux : le pétrole et l'électricité.

L'usage du pétrole est encore très répandu, à cause de son prétendu bon marché. Il constitue une source de lumière facilement déplaçable mais dangereuse. A peu près journellement, les journaux publient le récit d'accidents dus soit aux lampes à pétrole, soit à l'emploi que font les ménagères de ce liquide pour activer le feu.

Une bonne lampe ordinaire donne, en marche normale, un pouvoir éclairant de 30 bougies. Pratiquement cependant, pour éviter que la mèche ne charbonne rapidement, on se contente souvent de 25 bougies. On consomme dans ces conditions au moins 100 centimètres cubes de pétrole à l'heure, soit pour 1,8 centime, ce qui met le prix des 100 bougies à 7,2 centimes. Ce coût est de beaucoup supérieur à celui de l'éclairage par incan-

descence au gaz. Les becs du type « Auer » donnent en moyenne une bougie par litre de gaz, soit une dépense de 1,5 centime par 100 bougies.

Les frais de nettoyage, remplissage, etc. des lampes à pétrole peuvent être estimés au moins à 1 centime par heure. En se basant sur les prix demandés par les sociétés qui s'occupent de l'entretien des becs à incandescence, celui-ci reviendrait à 1,2 centime par heure. Les 100 bougies valent donc $7,2 + 4 \times 1,0 = 11,2$ centimes quand on utilise le pétrole, et $1,5 + 1,2 = 2,7$ centimes avec le gaz, c'est-à-dire *quatre fois moins cher*.

Pour l'éclairage électrique par lampes à incandescence tel qu'il est habituellement employé, on se base sur une consommation d'un watt par bougie. Or, en utilisant le gaz, cette même puissance lumineuse s'obtient avec un litre. Le kilowatt-heure valant en moyenne 3 fois plus que le mètre cube de gaz, on voit que pour la consommation ce dernier a encore l'avantage. Avec l'électricité les frais d'entretien (remplacement des lampes) se montent à 2,4 centimes par 100 bougies-heure. Pour cette intensité de lumière, l'électricité coûte donc : $5,0 + 2,4 = 7,4$ centimes, tandis que le gaz ne revient qu'à 2,7 centimes comme nous l'avons vu. Il faut bien remarquer que ces comparaisons ne sont faites que dans le cas d'éclairage identique. Or fréquemment, avec le pétrole et l'électricité on se contente d'une lumière moins forte. La supériorité économique du gaz n'en subsiste pas moins, vu que, pour la même dépense, il permettrait d'avoir un éclairage beaucoup plus brillant.

Le Chauffage au gaz. — D'une manière générale, le chauffage d'une pièce peut se faire de deux façons différentes : par « radiation » ou par « convection ». La distinction entre ces deux modes de transmission de l'énergie calorifique, bien que des plus importantes, est rarement faite par le public. Dans le premier cas (radiation), la chaleur traverse l'air sans l'échauffer directement et elle élève seulement la température des corps solides avec lesquels elle vient en contact. Ce mode de chauffage est sans conteste le meilleur ; c'est celui que la nature emploie. Les rayons du Soleil traversent l'atmosphère qui demeure relativement fraîche, mais les objets solides qu'ils rencontrent sur leur passage deviennent très chauds. Tout le monde sait, que deux thermomètres disposés à peu de distance l'un de l'autre, le premier au Soleil et le second à l'ombre, donnent des indications différentes bien que se trouvant dans le même air

ambiant. Le transport de chaleur par convection est tout autre. C'est l'air qui est alors chauffé et qui, par contact, élève graduellement la température des solides. La différence essentielle entre ces deux formes d'une même énergie, est donc que dans la radiation l'air n'intervient pas pour la propagation de la chaleur, tandis que, dans la convection, c'est par son intermédiaire qu'elle a lieu.

Les feux ouverts sont le prototype du chauffage artificiel par radiation. La température de l'air ne s'élevant que lentement, il reste sain, et l'on se trouve dans d'excellentes conditions hygiéniques. Au contraire, avec les systèmes de chauffage modernes, il est fait usage de « radiateurs » qui, en dépit de leur nom, agissent principalement par convection ; il serait donc plus rationnel de les appeler « convecteurs ». L'atmosphère des pièces est portée à haute température et le plancher, les murs, les meubles, etc. restent relativement froids. En vertu des lois de la radiation, le corps humain plus chaud leur cède une partie de sa chaleur. Il pourra donc arriver que malgré la température élevée qui règne dans la chambre où l'on se trouve, l'on ressente une impression de froid.

S'inspirant de ces considérations, les fabricants de foyers à gaz s'appliquent aujourd'hui à convertir la plus grande quantité possible du calorique en chaleur radiante et s'efforcent de diminuer la transmission par convection. Celle-ci offrait de plus le grave inconvénient de dessécher l'air des appartements, ce qui incommodait beaucoup les occupants. L'effet utile d'un poêle à gaz moderne peut s'estimer comme suit : 50 p. c. est donné par radiation, 20 p. c. par convection et le restant, soit 30 p. c. environ, s'échappe par la cheminée pour assurer la ventilation. Celle-ci grâce à l'appel d'air qui se produit sous les portes et les fenêtres est des plus énergiques, et rend par ce fait le chauffage au gaz très hygiénique.

Il ne faudrait pas conclure de ce qui précède que la propagation de la chaleur par convection doive être *complètement* proscrite. Dans certains cas, pour le chauffage des grands espaces par exemple, elle peut devenir un adjuvant très utile à la radiation en élevant de quelques degrés la température de l'air. La transmission de l'énergie calorifique sera ainsi rendue plus aisée et les conditions hygiéniques resteront excellentes.

Au point de vue du prix de revient, le chauffage au gaz se présente au premier abord sous un aspect peu favorable. Au cours actuel, un kilo de charbon contenant 7500 calories dispo-

nibles coûte 3 centimes environ. Cela met le prix des 1000 calories à 4/10 de centime. Un mètre cube de gaz donne 5200 calories pour 12 centimes, soit 1000 calories pour 2 1/2 centimes (prix de Bruxelles). La quantité de chaleur disponible est donc six fois plus chère dans ce dernier cas. En pratique, la différence n'est cependant pas aussi grande, à cause du rendement supérieur des poêles à gaz. Il est environ de 80 p. c., tandis qu'avec le charbon on n'arrive qu'à 20 p. c. Si l'on tient compte de la facilité d'allumage, de la propreté et du réglage aisé du feu à gaz, on voit que, tout compte fait, il n'est guère beaucoup plus coûteux. La balance penche même tout à fait en sa faveur pour l'emploi dans la cuisine. Il y est certainement plus pratique et plus économique que le charbon, qui est très mal utilisé dans les cuisinières dont le rendement ne s'élève pas au-dessus de 7 à 8 p. c.

Ce qui constitue vraiment un luxe, c'est le chauffage électrique que l'on cherche à opposer au gaz. Pour s'en rendre compte, il suffit de voir ce qu'un kilowatt-heure et un mètre cube de gaz représentent respectivement de calories.

1 kilowatt-heure = 865 calories.

1 mètre cube de gaz = 5200 calories.

Il faut donc 5200 : 865 = 6 kilowatts-heures, pour recueillir la même quantité de chaleur qu'avec un mètre cube de gaz. Au prix de 50 centimes le kilowatt, le chauffage électrique revient donc 25 fois plus cher que celui au gaz.

On voit par conséquent que dans tous les domaines : éclairage, chauffage et également comme force motrice, le gaz peut lutter avantageusement avec ses concurrents auxquels il est et reste supérieur.

L'emploi de l'acétylène pour les bouées lumineuses à allumage et extinction automatique (Mitteilungen der Berlin-Anhaltischen-Ges., n° 7, avril 1913). — Durant ces dernières années, on a multiplié les dispositifs de sécurité qui assurent la nuit la marche des navires. Le nombre des phares a plus que doublé en dix ans ; on a augmenté leur champ d'action et on s'est efforcé de nettement distinguer leurs feux, de manière à permettre facilement aux marins de reconnaître en quels parages ils se trouvent. Au moyen de lentilles et de réflecteurs, tous les rayons lumineux émis par la source ont été concentrés en un seul faisceau éclairant qui, par la rotation de la lanterne autour d'un axe vertical, balaye périodiquement l'horizon.

Les phares modernes de grande puissance et à longue portée coûtant fort cher de construction et d'entretien, on tend actuellement à n'en placer que là où c'est absolument nécessaire. Pour signaler aux navires le voisinage des points dangereux, l'entrée des ports, l'embouchure des fleuves, etc., on a recours de préférence à de grosses bouées lumineuses. Celles-ci ne doivent avoir qu'un feu d'intensité réduite et sont disposées pour fonctionner seules sans surveillance. Pour remplir convenablement cette condition, il faut évidemment un engin bien étudié qui donne toute confiance ; on doit pouvoir être certain que la lampe ne s'éteindra pas avant l'époque fixée pour la visite, car le défaut de lumière pourrait amener des catastrophes.

Anciennement, le pétrole était exclusivement employé pour ces appareils, aussi l'utilisation du gaz d'huile fut-elle considérée, il y a quelque trente ans, comme un progrès important. Cependant, ce gaz n'était pas encore l'idéal : il exigeait des récipients de grandes dimensions et, pour éviter des frais de transport élevés, il fallait le produire dans des installations spéciales situées près de la côte. C'était l'acétylène qui allait apporter aux navigateurs la solution complète de l'éclairage économique et pratique à la fois. Ce gaz donne une lumière tout à fait blanche, se rapprochant mieux que toute autre de celle du Soleil. A cause de son aspect brillant et de sa très forte intensité, elle se distingue aisément, ce qui la rend particulièrement recommandable en mer, surtout en cas de brouillard ou de mauvais temps.

En dépit de tant de mérites, son emploi eut cependant beaucoup de peine à se développer. Il ne fallait pas songer à l'utiliser à l'état comprimé, car à la pression de deux atmosphères seulement, il est déjà extraordinairement explosif. On essaya de combiner la bouée avec un générateur qui fabriquait l'acétylène au fur et à mesure des besoins, mais malgré des dispositifs très ingénieux, ces recherches ne conduisirent pas à des résultats satisfaisants en pratique. On désespérait presque de jamais pouvoir en tirer parti pour une application qui semblait si bien lui convenir, quand la découverte de la dissolution de l'acétylène dans l'acétone vint complètement modifier le problème. Ce liquide sous des pressions élevées, dissout des quantités énormes de gaz, qui, dans cet état, ne présente plus le moindre danger.

Les bouées ainsi équipées, portent un réservoir rempli d'une matière poreuse qui retient l'acétone intimement unie à l'acétylène. En quittant ce récipient, le gaz passe d'abord dans un

régulateur ou sa pression est ramenée à une valeur basse et constante, condition indispensable pour assurer un bon fonctionnement des brûleurs.

En vue de mieux attirer l'attention des navigateurs, les feux sont à éclipse, c'est-à-dire qu'ils s'éteignent et se rallument périodiquement. La durée des périodes d'obscurité et de lumière est réglable et peut varier de 1/10 de seconde à une minute environ. Ces allumages et extinctions s'obtiennent automatiquement de la manière suivante. Entre le régulateur de pression et la lanterne se trouve un dispositif spécial dont l'organe principal consiste en une soupape à membrane. Elle s'ouvre quand une quantité déterminée de gaz s'est accumulée dans l'appareil, et lui livre passage vers le brûleur où une veilleuse alimentée par une conduite séparée l'enflamme. Pendant la période d'éclairage qui suit, l'arrivée du combustible au distributeur est supprimée. Lorsque toute la provision de gaz est consommée, la lampe s'éteint et la communication avec le réservoir principal est rétablie. Les mêmes phénomènes se représentent alors dans un ordre identique, de sorte que la continuité de la succession des temps d'allumage et d'extinction est ainsi assurée.

Autrefois les bouées lumineuses fonctionnaient aussi bien le jour que la nuit. Il en résultait une consommation inutile de combustible que l'on s'est efforcé d'éviter. Pour arriver à ce résultat il fallait supprimer l'arrivée du gaz pendant les heures du jour pour la rétablir au crépuscule. M. Dalen, le célèbre ingénieur suédois qui a reçu récemment le prix Nobel, a réussi le premier à résoudre d'une manière élégante et pratique ce problème si délicat. Son système repose sur la transformation des rayons lumineux en énergie calorifique. Si l'on prend deux lames de métal identiques à cette différence près que la surface de l'une absorbe la lumière, tandis que celle de l'autre la réfléchit, on observe au bout d'un certain temps d'exposition au jour que la première se dilate seule. On a appliqué ce principe intéressant aux bouées en disposant à leur partie supérieure une cage en verre qui renferme un cylindre noirci, entouré de trois barreaux métalliques. Ceux-ci présentant un égal coefficient de dilatation, sont revêtus d'un manchon en verre placé lui-même dans un tube de laiton doré extérieurement. Lorsque cet ensemble est soumis à l'influence de la lumière solaire, le cylindre noirci se dilate plus que les barreaux et son mouvement est transmis par un système de leviers amplificateurs à une soupape qui ferme l'arrivée du gaz. Seule une petite flamme

d'allumage alimentée par une conduite spéciale continue à brûler. Quand arrive l'obscurité, le cylindre se meut en sens inverse et la lanterne est remise en activité. L'appareil est uniquement influencé par les rayons lumineux, l'enveloppe en verre ayant pour effet d'empêcher l'action de l'énergie calorifique non éclairante, et de rendre ainsi son fonctionnement indépendant des conditions de température.

Ce dispositif est des plus sensibles; en pratique on le règle de manière que l'arrivée du gaz soit seulement interrompue quand la lumière du jour est bien franche. En cas de brouillard ou de temps couvert, l'éclairage continue alors à fonctionner.

L'économie réalisée s'élève à 35 à 40 % de la quantité de gaz autrefois utilisée. Sans donc devoir augmenter la capacité des réservoirs, on peut espacer les visites périodiques.

On fait usage sur les bouées, de brûleurs en stéatite du type ordinaire avec courants gazeux croisés. On obtient ainsi une flamme étalée en forme de queue de poisson, dont la puissance lumineuse est sensiblement la même dans toutes les directions. Les becs doubles donnent une clarté de 20 à 40 bougies; avec le gaz d'huile on n'arrivait qu'à 5 ou 7 bougies pour une dépense de 21 à 27 litres à l'heure; le pétrole fournissait encore moins. Malgré l'emploi de lentilles de 200 à 300^{mm} de diamètre, ces sources d'éclairage ne permettaient pas d'arriver à un faisceau éclairant de plus de 50 bougies. L'acétylène au contraire peut, dans les mêmes conditions, donner de 135 à 360 bougies, ce qui rend le feu visible à une distance de 8 à 11 milles marins.

Ce gaz est aussi employé pour des postes fixes; en réunissant plusieurs brûleurs, il est possible de former des foyers de 1000 bougies et au delà. Il est utilisé, par exemple, au Phare de Lagerholm, sur la mer Baltique, qui avec une puissance de 4000 bougies a un rayon d'action de 18 milles marins.

On a également essayé de faire avec l'acétylène, l'éclairage à incandescence. Le seul avantage que l'on en retire, est une économie sur la consommation; on n'obtient pas d'accroissement de lumière comme pour le gaz d'éclairage ordinaire. Une application de ce système a été faite sur le bateau-phare suédois « Kalkgrunde ». Bien que cette installation ait donné toute satisfaction, il n'est pas à conseiller de l'employer pour les bouées. Il est, en effet, impossible de prévoir à l'avance quelle sera la durée d'un manchon. Bien que de fabrication très robuste, il peut être mis rapidement hors d'usage par une circonstance imprévue. Cette éventualité ne doit pas être négligée, et

comme il y a moyen d'éviter semblable inconvénient, il convient de le faire et de s'en tenir aux dispositifs simples donnant toute sécurité.

Les nouvelles locomotives électriques du New-York-Central (General Electric Review, mai 1913).—La Compagnie du New-York-Central possède actuellement en service 47 locomotives électriques à courant continu, dont 35 furent construites en 1906, et 12 en 1908. Leur poids est de 115 tonnes, dont 70 seulement sont utilisées pour l'adhérence. Elles portent quatre moteurs bipolaires qui attaquent directement les essieux, sans intermédiaire d'engrenages. Les résultats satisfaisants qu'elles ont donnés ont engagé la Société à augmenter leur nombre. Elle vient dans ce but de commander dix unités nouvelles, aux puissants ateliers de Schenectady. Le type de machine a été conservé, mais on en a modifié quelques éléments, de manière à arriver à un engin encore plus perfectionné. Le modèle de 1913 comprend huit moteurs, un par essieu, de sorte que pour l'adhérence on dispose de la totalité du poids qui a été réduit à 100 tonnes. Les pôles inducteurs sont directement fixés au châssis qui forme le circuit magnétique. Les moteurs complètement fermés à la partie supérieure et sur les côtés par les pièces polaires, et les segments de carcasse sont de plus protégés, près des roues et vers le bas, par un carter en métal. Le refroidissement s'obtient par ventilation forcée ; l'air soufflé sous pression s'échappe à l'extérieur par des ouvertures spéciales munies d'un tamis.

En marche continue chaque moteur développe une puissance normale de 200 chevaux, ce qui correspond à un courant de 250 ampères sous 600 volts. Pendant une heure ils peuvent donner 265 chevaux, en prenant 325 ampères. On réalise ainsi avec les huit moteurs, un effort de traction de 4275 kilos à la vitesse de 96 kilomètres à l'heure. Exceptionnellement il est possible d'arriver à 6000 kilos avec une vitesse de 87 kilomètres à l'heure.

Les moteurs sont couplés par deux d'une façon permanente. On a par conséquent quatre circuits distincts, ayant chacun leur résistance de réglage, que l'on connecte pour la marche en « série », « série-parallèle » (deux groupes de quatre moteurs en série) ou encore en « parallèle ».

Quand la manette de commande se trouve sur le premier cran du controller, tous les moteurs sont disposés en série avec les

résistances en circuit. Pendant le passage des plots 2 à 9, celles-ci sont graduellement éliminées. La dernière position correspond au premier temps de marche en service et donne la plus petite vitesse. Entre le 9me et le 10me cran on fait la transition entre le couplage « série » et « série-parallèle », ce qui s'effectue en court-circuitant momentanément la moitié des machines. Les résistances, qui avaient à nouveau été intercalées, sont progressivement retirées jusqu'au plot 17, où avec la vitesse moyenne on a le second temps de marche. Au 18me cran on passe à la disposition en « parallèle », résistances en circuit. Celles-ci disparaissent au 24me plot qui est la position de vitesse maximum.

Outre les canalisations principales pour les moteurs, la locomotive porte des circuits secondaires pour l'éclairage, le compresseur d'air, le ventilateur et les appareils de contrôle. Chacun d'eux comprend un interrupteur spécial et des fusibles. Leur ensemble se trouve sous la dépendance d'un interrupteur général qui le relie, par l'intermédiaire d'un coupe-circuit, aux fils d'arrivée du courant.

Au point de vue de la construction, la locomotive se compose de deux plates-formes indépendantes, portées chacune par deux bogies et reliées entre elles. Leur longueur totale est de 16,50 mètres. En leur centre, elles portent une cabine de 10 mètres, divisée en trois compartiments. Les deux extrêmes forment les postes du mécanicien où sont placés les controllers et les interrupteurs. Tout le reste de l'équipement se trouve rassemblé dans la partie médiane, qui ne communique pas intérieurement avec les deux autres. Les rhéostats y sont posés près du plafond et arrangés par sections facilement démontables, pour rendre les réparations simples et rapides. Les contacteurs sont suspendus en dessous, et sur le plancher reposent le ventilateur et le compresseur d'air pour la ventilation des machines. Ce dernier est capable de fournir 3 mètres cubes à la minute à une pression de 9 1/2 kilos.

Les machines à feu, leur rôle et leur évolution, par Aimé Witz. Discours prononcé à la Séance solennelle de la Société des Sciences de Lille, le 22 décembre 1912. — On peut admettre que la puissance des machines à feu fonctionnant dans les cinq parties du monde, dépasse 150 millions de chevaux. Chacun d'eux représentant un travail de 75 kilogrammètres à la seconde vaut trois chevaux en chair et en os, et pour le moins 21 hommes. Dans leur ensemble ils remplacent donc plus de trois milliards

d'ouvriers. Or, le genre humain ne compte guère qu'un milliard et demi d'individus, dont la moitié seulement est en mesure de développer un travail matériel utile. Les machines à feu ont encore sur les machines animales l'avantage considérable de pouvoir être employées 24 heures par jour, de ne jamais se mettre en grève et de ne pas marchander leur concours du moment qu'on leur donne du charbon à dévorer.

A qui devons-nous cette merveille ? Comment s'est-elle tant répandue ? Les grandes inventions ne sont pas l'œuvre d'un seul ; elles résultent de quelques initiatives géniales, d'efforts continus, de recherches laborieuses poursuivies patiemment par de nombreux et souvent très modestes travailleurs.

Dans l'histoire de la machine à feu, on trouve tout d'abord les noms de Héron d'Alexandrie, Giovanni della Porta, Salomon, de Caus et Édouard Somerset, marquis de Worcester. En 1663, ce dernier s'attribuait l'honneur d'avoir créé une machine à élever l'eau en utilisant la force expansive de la vapeur née sous l'action du feu. Cet engin très rudimentaire, montait quatre sceaux d'eau par minute à la hauteur de 40 pieds. Malgré ses imperfections, il put rendre des services pour l'épuisement des mines, fait jusqu'alors par des chevaux attelés à un manège, qui ramenaient du fond à la surface des tonneaux pleins d'eau.

Savery perfectionna le pulsomètre de Worcester et prit un brevet en 1698. Il entrevoyait déjà l'application de sa machine dans les manufactures pour y produire la force motrice, mais en réalité il ne réussit qu'à construire des élévateurs d'eau. Pour obtenir de meilleurs résultats, il voulut augmenter la pression ; malheureusement la chaudière sauta et fit des victimes ; on prit peur et plusieurs années furent perdues.

Il fallut attendre que Papin inventât la soupape de sûreté, puis qu'avec Huygens et l'abbé Hautefeuille, il imaginât de recevoir la vapeur dans un cylindre renfermant un piston mobile. En 1705, Newcommen relie la tige de ce piston à l'extrémité d'un balancier et crée la machine atmosphérique où le rôle principal de la vapeur est de faire le vide dans le cylindre en s'y condensant. Ce moteur ne pouvait donner au début que huit coups à la minute, et les robinets de distribution étaient manœuvrés à la main. Un apprenti chargé de ce service, le jeune Potter, inventa un mécanisme automatique qui permit de doubler la vitesse.

L'ingénieur John Smeaton, fit le premier des expériences méthodiques ; il calcula les dimensions des organes et donna les formules du rendement.

Améliorée, la machine à vapeur continua à se répandre. On en installa un grand nombre dans les charbonnages d'Angleterre et de Belgique, où il en existait encore une en 1877 au siège de Bascoup. Les Hollandais employèrent aussi les machines de Newcommen ; ils les appliquèrent au dessèchement des marais. A Saint-Pétersbourg, elles vidaient le bassin de carénage de Pierre-le-Grand, que deux moulins à vent mettaient jusqu'alors des mois à épuiser.

C'est à ce moment qu'intervient l'homme de génie, James Watt, qui allait donner à la machine à vapeur sa forme définitive. Il est né à Greenock (Écosse) le 10 janvier 1736 ; à 27 ans, en réparant une petite machine de Newcommen, il l'étudie et la transforme. A partir de ce moment il se consacre à l'œuvre qui devait illustrer son nom. Il mesure les pressions de la vapeur d'eau et trace la courbe de leurs variations en fonction de la température, détermine sa chaleur spécifique et sa chaleur latente de formation, formule le principe de la paroi froide et définit l'unité de puissance : le Horse-Power, le cheval-vapeur. En 1759, il s'associe avec Boulton qui met à sa disposition son atelier de Soho dans la banlieue de Birmingham. Entre leur mains, la machine à vapeur prend sa forme définitive. On leur doit presque tout : le fonctionnement à double effet, la détente, le condenseur séparé, la crosse du piston, la bielle et la manivelle, le volant, le parallélogramme articulé, le régulateur à force centrifuge, l'indicateur et le tube de niveau des chaudières. Ils essayèrent même une machine rotative et signalèrent l'avantage des enveloppes de vapeur et du « compoundage ». Watt mourut en 1819 à l'âge de 83 ans, illustre et riche ; la reconnaissance de son pays et de son roi lui éleva un mausolée à l'abbaye de Westminster.

Les ingénieurs qu'il avait formés, parachevèrent son œuvre. Tout d'abord, ils améliorèrent les machines-outils encore bien imparfaites (Watt s'estimait satisfait quand la section de ses cylindres était circulaire à 9 mm. près). Murdoch invente le tiroir en D et la machine oscillante ; Maudsley le tiroir à coquille ; Woolf et Hornblower, développant une des plus belles idées du maître, font la double expansion et le compoundage ; Cartwright munit le piston de garnitures plus étanches et inaugure le type vertical ; Farey enfin ramène l'attention sur les heureux effets de l'enveloppe de vapeur.

Née en Angleterre, la machine à vapeur pendant de longues années, fut exclusivement construite dans ce pays où Français,

Belges et Allemands allaient l'acheter. En 1834, les industriels anglais disposaient déjà de 20 000 machines représentant au moins 1 200 000 chevaux, tandis qu'en France, à la même époque, il n'y en avait qu'un millier d'une puissance totale de 14 000 chevaux environ.

Le nouveau moteur fut également appliqué à la propulsion des véhicules et des navires. Dès 1770, le français Cugnot avait construit une automotrice à vapeur. L'anglais Trewithick reprit son idée en 1804 et partagea plus tard avec Stephenson, l'honneur de l'établissement des chemins de fer.

En ce qui concerne la navigation, c'est aux américains Ewans, Fulton et Stevens que l'on attribue généralement le mérite de l'invention des bateaux à vapeur. Le *Savannah* fit une première traversée de l'Atlantique, en 1819, en utilisant conjointement la puissance propulsive du vent et de la vapeur; le premier steamer digne de ce nom fut le *Sirius* qui, parti le 4 avril 1838 du port de Cork en Irlande, arrivait le 23 à New-York, après une heureuse traversée de 19 jours.

Cependant la machine à vapeur fixe se développait et se perfectionnait. Les mécaniciens de France, d'Allemagne, de Belgique et surtout ceux d'Amérique, faisaient maintenant concurrence aux Anglais. Gonzenbach, Saulnier, Meyer, Thomas et Farcot inventent les distributions à deux tiroirs superposés qui permettent d'allonger la détente, et la placent sous la dépendance du régulateur. On augmente aussi la pression ; l'américain Allen pose le principe des grandes vitesses et des petites courses. Les balanciers lourds et majestueux disparaissent et le fer ou l'acier remplacent la fonte pour les arbres, manivelles, bielles, etc. La distribution par quatre obturateurs séparés, inventée en Amérique par Sickels et Greene en 1841, mise au point par Corliss en 1849, donne aux machines un rendement, une souplesse, une régularité encore inconnus. Ce fut seulement à l'exposition de Paris de 1867 que ce système fit son entrée en Europe. Depuis lors, les tiroirs cylindriques de Corliss ont souvent été remplacés par des soupapes équilibrées ou par des pistons-valves, qui présentent d'incontestables avantages.

Les célèbres travaux de Hirn sur l'influence des pertes de chaleur dans les cylindres sont venus jeter une lumière nouvelle sur une partie encore obscure de la mécanique appliquée. Ce savant, qui s'est formé lui-même, était un industriel dont la filature constituait le laboratoire d'études. Ses expériences, commencées en 1855, ont été poursuivies sur une machine Woolf à

balancier de son établissement. Elle est conservée au Logelbach, près de Colmar, en souvenir des mémorables découvertes qu'elle a préparées.

Les travaux de Hirn et de ses disciples de Mulhouse ont permis d'atteindre un rendement thermique que la théorie et la pratique s'accordent à considérer comme le terme ultime du progrès.

A la fin du XIXe siècle, la machine à vapeur était arrivée à l'apogée de ses perfectionnements ; des nouveaux venus n'allaient pas tarder à lui disputer la place. Elle n'est pas, en effet, le seul et unique moyen de transformer, en travail utile, l'énergie calorifique. Les gaz, l'air entre autres, peuvent aussi servir à ce but. Au point de vue thermodynamique, celui-ci présente l'avantage de se laisser facilement porter à une température élevée. Malgré les belles promesses de la théorie, les engins à air chaud construits par Stirling et Ericsson ne donnèrent pas ce que l'on en attendait. Le ressort de l'air dilaté étant trop faible, il impose de grandes sections pour les cylindres, qui conduisent à un encombrement excessif des mécanismes.

Les moteurs à gaz d'éclairage ou de générateurs, connurent plus de succès. Il y a trente-cinq ans, on n'en construisait que d'une puissance de quelques chevaux. Aujourd'hui on en trouve de 1000, 2000, voire même de 6000 chevaux. Ils occupent, dans des ateliers de toute espèce, des places que la machine à vapeur considérait comme ses fiefs. Par contre, la création des turbines lui a gagné la clientèle des centrales électriques. Les études de Curtis, Parsons, de Laval, Rateau, etc., ont permis d'établir des unités de 10 000, 20 000 chevaux et plus, qui occupent une surface extrêmement réduite.

Mais depuis 1896, un nouvel adversaire redoutable pour la vapeur est entré en lice, c'est le moteur à combustible liquide de Diesel. Il s'accommode de toute espèce d'huile, de n'importe quelle provenance. Il se construit en disposition verticale ou horizontale, à simple ou à double effet, à deux ou à quatre temps, pour des puissances comprises entre 10 et 3000 chevaux. Son rendement thermique, le plus élevé connu, est de 33 p. c.

Peut-on faire mieux encore ? Pourquoi pas ! La race des Watt, des Hirn et des Diesel n'est pas éteinte, et les ressources de la mécanique appliquée ne sont pas épuisées.

La crise de la machine à vapeur, par Aimé Witz (Bulletin de la Société Industrielle du Nord de la France, 1913). — La machine à vapeur à piston traverse en ce moment une forte

crise ; la turbine à vapeur, les moteurs à gaz pauvres et ceux du type Diesel lui font une concurrence terrible, pour les grandes et petites puissances, dans les ateliers et les usines comme sur les navires. En présence de cet état de choses, certains constructeurs s'alarment et estiment qu'elle est condamnée à disparaître. Ce sont là des craintes mal fondées, conséquence d'un examen superficiel de la question si importante de la force motrice.

La machine à vapeur avait atteint son apogée vers 1900. Elle présentait une grande facilité de conduite et de surveillance, un fonctionnement sûr, une régularité parfaite et beaucoup d'élasticité de puissance. Grâce à l'emploi d'enveloppes de vapeur, de la surchauffe et de quatre distributeurs indépendants, la consommation de combustible était réduite à un minimum. Le seul reproche qu'on eût encore à lui faire était de devoir dépendre d'installations dispendieuses et encombrantes pour la production et la condensation de la vapeur.

Les turbines partagent évidemment ce même inconvénient,

Puissance de 300 chevaux effectifs

	Machine à vapeur surchauffée	Moteur à gaz pauvre	Moteur Diesel
Nombre de calories nécessaires pour obtenir un cheval-effectif	5250	3200	1900
Décomposition de cette chaleur			
1° Calories perdues à la chaudière ou au gazogène	1155	640	—
2° Perte aux moteurs par suite des résistances passives	315	384	380
3° Chaleur portée au condenseur. . . .	3145	—	—
4° Perte par l'eau de réfrigération . . .	—	770	455
5° Chaleur emportée par les gaz d'échappement	—	771	430
Rendement thermique, %	12,1	19,8	33,4

mais on le leur pardonne, car seules elles permettent d'envisager les puissantes unités dont les centrales électriques ont besoin. Le moteur à gaz ne demande que le service bien simple d'un

gazogène et n'exige qu'une faible quantité d'eau qui peut d'ailleurs resservir indéfiniment. Il présente, il est vrai, quelques défauts : manque d'élasticité, difficulté de mise en marche etc., mais il faut reconnaître que les installations bien faites sont indemnes de ces misères. Quant au moteur Diesel, il ne comporte même plus de gazogène ; c'est le type parfait de la machine à combustion interne. Sa conduite est aussi simplifiée que possible, sa mise en marche instantanée et l'habileté du personnel n'influe pour ainsi dire plus sur le rendement.

Outre ces avantages propres, les moteurs à gaz et à pétrole possèdent sur la machine à vapeur une prééminence indiscutable, qu'ils doivent à leur remarquable rendement thermique. Le bilan calorifique correspondant à la production d'un cheval-heure effectif, s'établit comme l'indique le tableau ci-dessus.

Ce parallèle est tout en défaveur de la machine à vapeur. Il montre que pour une calorie dépensée dans le moteur Diesel, ou 1,68 dans un moteur à gaz, elle en exige 2,76.

Cette comparaison ne constitue cependant qu'un aspect du problème, dont le point de vue économique présente plus d'importance pour le praticien.

En comptant que la houille de grille ordinaire revient à 20 francs la tonne rendue à l'usine ; en prenant 32 francs pour celle du charbon à gazogène et 67,50 francs pour les 1000 kilos d'huile de goudron, on arrive aux valeurs suivantes pour la dépense de combustible par cheval-heure effectif :

Machine à vapeur :	0,14 fr.
Moteur à gaz pauvre :	0,13 »
Moteur Diesel :	0,14 »

Si l'on considère une durée annuelle de fonctionnement de 3000 heures en tablant sur un intérêt de 5 %, un amortissement de 2 % pour les terrains et bâtiments, 7 % pour les machines, le coût total du cheval-heure effectif s'établit ainsi :

Machine à vapeur :	0,040 fr.
Moteur à gaz pauvre :	0,040 »
Moteur Diesel :	0,039 »

La différence est négligeable ; la cherté des huiles et le prix élevé de sa construction ont fait perdre au moteur Diesel les avantages de son admirable rendement thermique, de la suppression des appareils auxiliaires et de la réduction d'emplacement.

Le moteur à gaz pauvre qui est à parité avec la machine à vapeur pour une puissance de 300 chevaux, aurait certainement la priorité pour 50 ou 100 chevaux, peut-être aussi pour 200. Aux puissances de 500, 1000 chevaux et plus, les rôles se renversent; il est alors avantageux d'installer une machine à vapeur et une chaudière. Toutefois, si on a à sa disposition des gaz de hauts-fourneaux ou de fours à coke, le moteur à explosion permet de produire la force motrice dans des conditions exceptionnelles de bon marché.

Quant à la turbine à vapeur, c'est à la possibilité de construire des unités de 10 000, 20 000 chevaux et même davantage, qu'elle doit la préférence dont elle est l'objet de la part des centrales électriques et à bord des navires.

La machine à vapeur à piston a donc perdu beaucoup de terrain et cela sans espoir de retour. Un vaste champ d'action reste cependant encore ouvert devant elle. La turbine ne convient bien qu'à la construction de groupes électrogènes ; elle se présente mal pour actionner par câbles ou courroies des lignes d'arbres de transmission, office que la machine à piston remplit au contraire très bien. Celle-ci sera par conséquent préférée dans les filatures, tissages etc., usines dont la puissance dépasse rarement 2500 chevaux. Par câbles, le transport d'énergie absorbe 5 %; avec l'électricité, à cause de la double transformation de kilogrammètres en kilowatts et inversement, il faut tabler, en tenant compte de la perte en ligne, sur un déchet de 20 %.

Pour les forces de 50 à 200 chevaux, les machines demi-fixes ont permis de soutenir la concurrence du moteur à gaz. Grâce à la forte surchauffe qu'on leur a appliquée, on est arrivé à des records extraordinaires de consommation. On ne peut pas espérer avoir d'aussi bons résultats en marche industrielle, mais il est permis d'escompter une dépense de charbon de grille inférieure à 600 grammes par cheval-heure effectif.

En remplaçant le grand cylindre des machines compound par une turbine à basse pression, M. Rateau a sensiblement amélioré leur rendement. On sait, en effet, que l'action de la vapeur, dans une machine à piston, se fait d'une manière d'autant plus avantageuse, que la pression est élevée, tandis que c'est l'inverse pour la turbine. Il était donc rationnel de faire d'abord travailler la vapeur qui vient de la chaudière derrière un piston, et de la recevoir ensuite dans une série de roues où elle se détend jusqu'au vide presque absolu que procure le condenseur

Westinghouse-Leblanc. On réalise ainsi un bénéfice d'au moins 25 %, et qui peut même atteindre 40 %.

Il est enfin possible d'utiliser la vapeur d'échappement pour servir au chauffage de séchoirs, de bains, d'étuves etc. La machine monocylindrique se présente particulièrement bien dans ce cas. Elle fait usage de la pression de la vapeur pour produire la force motrice, et après la détente elle la laisse s'échapper avec la majeure partie de ses calories, qui servent pour le chauffage. L'émission centrale, inaugurée par Todd, reprise avec succès par Stumpf, sous le nom de machine à équicourant, a encore renforcé la position de la monocylindrique et permis de la construire jusqu'à 1500 chevaux.

En résumé, si la machine à vapeur traverse une crise, si son champ d'action s'est réduit, ce n'est pas une raison pour croire qu'elle va prochainement disparaître, vaincue par ses rivales. Dans bien des applications, son emploi s'indique de préférence et les autres moteurs ne pourraient pas la remplacer convenablement. D'ailleurs, obligée de se défendre, elle se perfectionne tous les jours. La concurrence que les machines motrices se font est un stimulant pour leurs constructeurs, un élément de progrès pour la mécanique appliquée, et un bénéfice constant pour l'industrie, car toutes ces luttes se poursuivent à son profit.

MAURICE DEMANET
Ingénieur.

NÉCROLOGIE

—

LOUIS-JOSEPH COUSIN

L'impression de cette livraison s'achevait quand nous apprîmes la mort de l'un des membres les plus fidèles et les plus distingués de la Société scientifique de Bruxelles, Louis-Joseph Cousin, né à On le 24 février 1839, et pieusement décédé à Bruxelles le 14 octobre 1913.

Après avoir conquis brillamment le grade d'ingénieur honoraire des Ponts et Chaussées en 1863, à l'examen de sortie de l'École du Génie civil de Gand, Louis Cousin pratiqua l'art de

l'ingénieur et en même temps en enseigna l'une des parties les plus importantes, les constructions civiles, d'abord à l'Université de Louvain (1867-1890), puis à Santiago du Chili. Il organisa dans cette ville l'École Polytechnique, en même temps qu'il y était ingénieur-conseil du gouvernement pendant dix ans (1890-1900). Revenu en Europe, il s'intéressa toujours au Chili où, grâce à lui, maints ingénieurs belges purent trouver des positions lucratives et respectées.

Louis Cousin fut membre de la Société scientifique de Bruxelles dès l'origine. Quand la première section n'était pas encore devenue trop exclusivement mathématique, il y publia plusieurs travaux relatifs à l'art de l'ingénieur, que l'on trouve dans les six premiers volumes de nos Annales.

Il fit partie du Conseil général de notre Société de 1877 à 1890, et après son retour du Chili en 1900, il y rentra et en demeura l'un des membres les plus écoutés jusqu'à sa mort. Il fut vice-président de la Société en 1877-1878, 1883-1884, 1906-1907, et Président en 1907-1908. C'est pendant sa dernière vice-présidence, que la section des sciences technologiques fut créée et séparée de la section des sciences mathématiques. Louis Cousin avait exposé les motifs de cette création le 25 janvier 1906 dans un rapport bref et lumineux (Annales, t. XXX, 1re partie, pp. 117-120) qui a entraîné le vote de l'assemblée générale, le 9 avril 1907.

La Société scientifique de Bruxelles gardera toujours avec reconnaissance le souvenir de Louis Cousin comme de l'un de ses membres les plus dévoués.

TABLE DES MATIÈRES

DU

VINGT-QUATRIÈME VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LXXIV DE LA COLLECTION

Livraison de Juillet 1913

LE DOCTEUR HENRI DESPLATS, par **M. le Dr Adrien Besson.** 5

LES NOUVELLES EXPÉRIENCES RELATIVES A LA DÉMONSTRATION MÉCANIQUE DE LA ROTATION DE LA TERRE, par **M. Henry Janne** 17

ÉVOLUTION ET CAUSALITÉ, par **M. Jacques Laminne** . . 67

ARISTARQUE DE SAMOS, par le **R. P. Thirion, S. J.** . . . 91

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES AUTOMOBILES, par **M. Maurice Demanet** 127

ORIENTATIONS NOUVELLES DANS L'ÉTUDE DU MÉTABOLISME ANIMAL, par le **R. P. J. Maréchal, S. J.** 164

COMMENT ON DÉCOUVRE UN BASSIN HOUILLER, par **M. F. Kaisin.** 225

VARIÉTÉS. — I. Le progrès de la culture par la science et l'association, par **M. A. Proost.** 255

II. Les écrits chinois de Verbiest, par le **R. P. H. Bosmans, S. J.** 272

BIBLIOGRAPHIE. — I. Leçons sur l'intégration des équations différentielles aux dérivées partielles, par V. Volterra, **R. d'Adhémar** 299

II. I. Exercices et compléments de mathématiques générales, par H. Bouasse et E. Turrière ; II. Notions de mathématiques, par A. Sainte-Lagüe, **R. d'Adhémar** 300

III. Problèmes de mécanique et cours de cinématique, par C. Guichard, **L. R.** 301

IV. Calcul des orbites, par Luc Picart, **Ph. du P.** . 301

V. L'Astronomie, observations, théorie et vulgarisation générale, par M. Moye, **Ph. du P.** . . . 305

VI. La Télégraphie et la Téléphonie simultanées et la Téléphonie multiple, par K. Berger, **L. R.** . 307
VII. Beyond the atom, by John Cox, **N. N.** . . . 308
VIII. Recueil des constantes physiques, **N. N.** . . . 314
IX. Tables annuelles des constantes et données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie, Ch. Marie, secrétaire, **X.** 315
X. Métrophotographie, par J. Ch. Saconney, **Ph. du P.** 316
XI. Étude des mouvements des grèves dans la Baie du Mont Saint-Michel, par M. Lecocq, **G. Lechalas** 319
XII. Handbuch der Pharmakognosie, par A. Tschirch, **É. D. W.** 326
XIII. Botanique coloniale, par M. Dubard, **É. D. W.** . 327
XIV. Der Manihot-Kautschuk, par A. Zimmermann, **É. D. W.** 329
XV. L'Élevage de l'Autruche, par A. Ménegaux, **É. D. W.** 330
XVI. De scrupulis, par A. Gemelli, **J. Maréchal** . . 332
Revue des Recueils périodiques.
Astronomie et Physique du Globe, par **L. R.** . . 332

Livraison d'Octobre 1913

François Bondel et ses études sur les « Nuove scienze » de Galilée, par **M. Antonio Favaro**. 353
L'Islam aux Indes, son influence extérieure, par le **R. P. P. Dahmen, S. J.** 381
Le Statut et le développement de la caisse générale de retraite sous la garantie de l'État, par M. **C. Beaujean** 406
Conférence internationale de l'Heure, Paris 15-23 octobre 1912, par le **R. P. J. D. Lucas, S. J.** 442
La perception du monde extérieur *(suite)*, par le **R. P. R. de Sinéty** 494
Christophe Colomb *(Suite)*, par **M. Fern. Van Ortroy** . 523
La Parthénogénèse, par le **R. P. R. Devisé, S. J.** . . 546
Variétés. — I. La notation algébrique en Chine au XIIIe siècle, par le **R. P. L. Vanhee, S. J.** 574
II. Du Congo au Niger et au Nil, par **M. É. D. W.** 588

BIBLIOGRAPHIE. — I. Taschenbuch für Mathematiker und Physiker, von F. Auerbach und R. Rothe, **P. Mansion** 596
II. Die Mathematik in Altertum und in Mittelalter, von H. G. Zeuthen, **P. Mansion**. 599
III. Leonhardi Euleri Opera Omnia, vol. X, XI, XX ; S. II, vol. I et II, **H. Bosmans, S. J.** . . . 601
IV. Notice sur la Vie et les Travaux de Charles Méray, par J. Pionchon, **D. T.** 608
V. B. G. Teubner. Verlagskatalog, **P. M.** . . . 610
VI. Bibliothèque de l'Observatoire royal de Belgique. — Catalogue des livres, brochures et cartes, par A. Collard, **H. B.** 611
VII. Les Moteurs thermiques, par F. Moritz, **D. T.** . 611
VIII. Traité de Chimie minérale, par H. Erdmann ; traduction française, par A. Corvisy, **H. de Greeff.** 613
IX. Cours élémentaire de Chimie et de Minéralogie, par C.-J. Istrati et G.-G. Longinescu, **R. D.** . . 615
X. Influences sismiques, par Delauney, **L. R.** . . 616
XI. Sylviculture, par A. Jacquot, **C. de Kirwan** . . 617
XII. Éléments de Sylvonomie. Économie et politique forestières, par P. Descombes, **C. de Kirwan** . 621
XIII. La sécrétion pancréatique, par E. F. Terroine, **J. Maréchal, S. J.** 624
XIV. Histoire des Relations de la Russie avec la Chine sous Pierre-le-Grand (1689-1730), par G. Cahen, **H. B.** 625
XV. Introduction à la Physique aristotélicienne, par A. Mansion, **N. Balthasar.** 627
XVI. La Teoria della Cosnocenza in S. Tomaso d'Aquino, par D. Lanna, **J. Maréchal, S. J.** 631
XVII. Soirées au Lac de Genève. Discussions religieuses, par M. Morawski, S. J., **J. T.** 634
XVIII. L'agriculture au Katanga, par A. Hock, **V. F.** . 635
XIX. La Politique des Transports, par G. De Leener, **V. F.** 636
REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.
HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES, par **H. Bosmans, S. J.** 638
ETHNOGRAPHIE, par **J. Claerhout** 652
SYLVICULTURE, par **C. de Kirwan** 661
SCIENCES TECHNIQUES, par **M. Demanet** 682
NÉCROLOGIE. *Louis-Joseph Cousin* 700

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXIV — 20 JUILLET 1913

(TRENTE-SEPTIÈME ANNÉE ; TOME LXXIV DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J. Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1913

LIVRAISON DE JUILLET 1913

I. — LE DOCTEUR HENRI DESPLATS, par **M. le Dr Adrien Besson,** p. 5.

II. — LES NOUVELLES EXPÉRIENCES RELATIVES A LA DÉMONSTRATION MÉCANIQUE DE LA ROTATION DE LA TERRE, par **M. Henry Janne,** p. 17.

III. — ÉVOLUTION ET CAUSALITÉ, par **M. Jacques Laminne,** p. 67.

IV. — ARISTARQUE DE SAMOS, A PROPOS D'UN LIVRE RÉCENT, par le **R. P. J. Thirion, S. J.,** p. 91.

V. — L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES AUTOMOBILES, par **M. Maurice Demanet,** p. 127.

VI. — ORIENTATIONS NOUVELLES DANS L'ÉTUDE DU MÉTABOLISME ANIMAL *(suite et fin),* par le **R. P. J. Maréchal, S. J.,** p. 164.

VII. — COMMENT ON DÉCOUVRE UN BASSIN HOUILLER, par **M. F. Kaisin,** p. 225.

VIII. — VARIÉTÉS. — I. *Le progrès de la culture par la science et l'association,* par **M. A. Proost.** — II. *Les écrits chinois de Verbiest,* par le **R. P. H. Bosmans, S. J.,** p. 272.

IX. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Leçons sur l'intégration des équations différentielles aux dérivées partielles, par V. Volterra, **R. d'Adhémar**, p. 299. — II. I. Exercices et compléments de mathématiques générales, par H. Bouasse et E. Turrière ; II. Notions de mathématiques, par A. Sainte-Lagüe, **R. d'Adhémar**, p. 300. — III. Problèmes de Mécanique et cours de Cinématique, par C. Guichard, **L. R.**, p. 301. — IV. Calcul des orbites et des éphémérides, par Luc Picart, **Ph. du P.**, p. 301. — V. L'Astronomie, observations, théorie et vulgarisation générale, par M. Moye, **Ph. du P.**, p. 305. — VI. La Télégraphie et la Téléphonie simultanées et la Téléphonie multiple, par K. Berger, **L. R.**, p. 307. — VII. Beyond the atom, by John Cox, **N. N.**, p. 308. — VIII. Recueil des constantes physiques, publié par H. Abraham et Paul Sabatier, **N. N.**, p. 314. — IX. Tables annuelles des constantes et données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie, Ch. Marie, secrétaire, **X.**, p. 315. — X. Métrophotographie, par J. Ch. Saconney, **Ph. du P.**, p. 316. — XI. Étude des mouvements des grèves dans la Baie du Mont Saint-Michel, par M. Lecocq, **G. Lechalas**, p. 319. — XII. Handbuch der Pharmakognosie, par A. Tschirch, **É. D. W.**, p. 326. — XIII. Botanique coloniale appliquée, par M. Dubard, **É. D. W.**, p. 327. — XIV. Der Manihot-Kautschuk. Seine kultur, gewinnung und präparation, par le Prof. Dr A. Zimmermann, **É. D. W.**, p. 329. — XV. L'élevage de l'autruche. Récolte et commerce des plumes, par A. Ménegaux, **É. D. W.**, p. 330. — XVI. De scrupulis. Psychopathologiæ specimen ad usum confessariorum, par le R. P. Ag. Gemelli, Dr **J. Maréchal**, p. 332.

X. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Astronomie et Physique du Globe, par **L. R.**, p. 334.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXV, 1875 à 1911. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902. Les deux volumes annuels, de 700 pages in-8° chacun, ... fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de 5 fr.; pour les abonnés . . fr. **2 00**

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **7 50**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pages (1904) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905). . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : T. I. Introduction, Éd. Van der Smissen. I. La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque, H. Francotte. II. Bruges au Moyen âge, G. Eeckhout. III. Barry, H. Laporte. IV. Beira, Ch. Morisseaux. V. Liverpool, P. de Rousiers. VI. Anvers, E. Dubois et M. Theunissen. VII. Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans. (Épuisé.) **T. II.** VIII. Londres, G. Eeckhout. IX. Délos, A. Roersch. X. Rotterdam, J. Charles. XI. Gênes au Moyen âge, J. Hanquet. XII. Marseille, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. III.** XIII. Le Port moderne de Gênes, M. Theunissen. XIV. Ostende. L.-Th. Léger. XV. Jaffa, P. Gendebien. XVI. Lisbonne, Ch. Morisseaux. XVII. Le Havre, G. Blondel. XVIII. Hambourg, P. de Rousiers et J. Charles. XtX. Rio-de-Janeiro, F. Georlette. XX. Han-Kow. A. Vanderstichele. Prix: 3 francs. **T. IV.** XXI. Barcelone et Bilbao, J. Charles. XXII. Buenos-Aires, M. Theunissen. XXIII. Brême, J. Charles. XXIV. New-York, Paul Hagemans. XXV. Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent, Alphonse Roersch. XXVI. Shanghaï, A. A. Fauvel. XXVII. Zeebrugge, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. V.** XXVIII. Rouen, G. Blondel. XXIX. Montréal, M. Dewavrin. XXX. Seattle et Tacoma, M. Rondet-Saint. XXXI. Trieste, Fiume, Venise, M. Dewavrin. XXXII Venise au moyen âge, C. Terlinden. XXXIII. Les ports du Nord-Est de l'Angleterre, J. Meuwissen. — Conclusions, G. Blondel. — Appendices : L'administration des Ports, J. Charles, S. J.; L'industrie des transports maritimes, H. Mansion. Prix : 3 francs.

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0 75**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in-8° de 29 pages (1908) fr. **0 75**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891); la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901). La livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série**.

La revue paraît en livraisons trimestrielles de 352 pages, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la Revue des Questions scientifiques est de **20 francs** par an. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de **25** %; le prix de leur abonnement est donc de **15 francs** par an.

Table analytique des cinquante premiers volumes de la Revue. Un vol. du format de la Revue de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au secrétariat.

Louvain. — Imp. F. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXIV — 20 OCTOBRE 1913

(TRENTE-SEPTIÈME ANNÉE ; TOME LXXIV DE LA COLLECTION)

LOUVAIN

SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

(M. J. Thirion)

11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1913

LIVRAISON D'OCTOBRE 1913

I. — FRANÇOIS BLONDEL ET SES ÉTUDES SUR LES « NUOVE SCIENZE » DE GALILÉE, par **M. Antonio Favaro**, p. 353.

II. — L'ISLAM AUX INDES, SON INFLUENCE EXTÉRIEURE, par le **R. P. P. Dahmen, S. J.**, p. 381.

III. — LE STATUT ET LE DÉVELOPPEMENT DE LA CAISSE GÉNÉRALE DE RETRAITE SOUS LA GARANTIE DE L'ÉTAT, par **M. C. Beaujean**, p. 406.

IV. — CONFÉRENCE INTERNATIONALE DE L'HEURE, PARIS, 15-23 OCTOBRE 1912, par le **R. P. J. D. Lucas, S. J.**, p. 442.

V. — LA PERCEPTION DU MONDE EXTÉRIEURE, par le **R. P. R. de Sinéty, S. J.**, p. 496.

VI. — CHRISTOPHE COLOMB, LES DIVERSES PHASES DE SA VIE D'APRÈS LA LÉGENDE ET L'HISTOIRE, par **M Fern. Van Ortroy**, p. 523.

VII. — LA PARTHÉNOGÉNÈSE, par le **R. P. R. Devisé, S. J.**, p. 546.

VIII. — VARIÉTÉS. — I. *La Notation algébrique en Chine au XIIIe siècle*, par le **R. P. L. Vanhee, S. J.**, p. 574. — II. *Du Congo au Niger et au Nil*, par **M. É. D. W.**, p. 588.

IX. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Taschenbuch für Mathematiker und Physiker, von F. Auerbach und R. Rothe, **P. Mansion**, p. 596. — II. Die Mathematik in Altertum und in Mittelalter, von N. G. Zeuthen, **P. Mansion**, p. 599. — III. Leonhardi Euleri, Opera Omnia, F. Rudio, A. Krazer et P. Stæckel, série I, vol. X, XI, XX ; série II, vol. I et II, **R. P. H. Bosmans, S. J.**, p. 601. — IV. Notice sur la Vie et les Travaux de Charles Méray, par J. Pionchon, **D. T.**, p. 608. — V. B. G. Teubner, Verslagskatalog, **P. M.**, p. 610. — VI. Bibliothèque de l'Observatoire de Belgique. Catalogue des livres, brochures et cartes, par A. Collard, **H. B.**, p. 611. — VII. Les Moteurs thermiques dans leurs rapports avec la thermodynamique, par F. Moritz, **D. T.**, p. 611. — VIII. Traité de Chimie minérale, par E. Erdmann, traduction française par A. Corvisy, **H. de Greeff, S. J.**, p. 613. — IX. Cours élémentaire de Chimie et de Minéralogie, par C. Istrati et G. Longinescu, **R. D.**, p. 615. — X. Influences sismiques, par Delauney, **L. R.**, p. 616. — XI. Sylviculture, par A. Jacquot, **C. de Kirwan**, p. 617. — XII. Eléments de Sylvonomie, par P. Descombes, **C. de Kirwan**, p. 621. — XIII. La Sécrétion pancréatique, par E. F. Terroine, **J. Maréchal, S. J.**, p. 624. — XIV. Histoire des Relations de la Russie avec la Chine sous Pierre le Grand (1689-1730), par G. Cahen, **H. B.**, p. 625. — XV. Introduction à la physique aristotélicienne, par A. Mansion, **N. Balthasar**, p. 627. — XVI. La Teoria della conoscenza in S. Tomaso d'Aquino, par M. Domenico Lanna, **J. Maréchal, S. J**, p. 631. — XVII. Soirées au Lac de Genève. Discussions religieuses, par M. Morawski, S. J., **J. T.**, p. 634. — XVIII. L'Agriculture au Katanga. Possibilités et réalités, par A. Hock, **V. F.**, p. 635. — XIX. La Politique des Transports, par G. De Leener, **V. F.**, p. 636.

X. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Histoire des Mathématiques, par **H. Bosmans, S J.**, p. 638. — Ethnographie, par **J. Claerhout**, p. 652. — Sylviculture, par **C. de Kirwan**, p. 661. — Sciences techniques, par **M. Demanet**, p. 682.

XI. — NÉCROLOGIE. — *Louis-Joseph Cousin*, p. 700.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXV, 1875 à 1911. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902. Les deux volumes annuels, de 700 pages in-8° chacun, ... fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de 5 fr.; pour les abonnés . . fr. **2 00**

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **7 50**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pages (1904) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905). . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : T. I. Introduction, Éd. Van der Smissen. I. La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque, H. Francotte. II. Bruges au Moyen âge, G. Eeckhout. III. Barry, H. Laporte. IV. Beira, Ch. Morisseaux. V. Liverpool, P. de Rousiers. VI. Anvers, E. Dubois et M. Theunissen. VII. Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans. (Épuisé.) **T. II.** VIII. Londres, G. Eeckhout. IX. Délos, A. Roersch. X. Rotterdam, J. Charles. XI. Gênes au Moyen âge, J. Hanquet. XII. Marseille, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. III.** XIII. Le Port moderne de Gênes, M. Theunissen. XIV. Ostende. L.-Th. Léger. XV. Jaffa, P. Gendebien. XVI. Lisbonne, Ch. Morisseaux. XVII. Le Havre, G. Blondel. XVIII. Hambourg, P. de Rousiers et J. Charles. XIX. Rio-de-Janeiro, F. Georlette. XX. Han-Kow. A. Vanderstichele. Prix: 3 francs. **T. IV.** XXI. Barcelone et Bilbao, J. Charles. XXII. Buenos-Aires, M. Theunissen. XXIII. Brême, J. Charles. XXIV. New-York, Paul Hagemans. XXV. Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent, Alphonse Roersch. XXVI. Shanghaï, A. A. Fauvel. XXVII. Zeebrugge, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. V.** XXVIII. Rouen, G. Blondel. XXIX. Montréal, M. Dewavrin. XXX. Seattle et Tacoma, M. Rondet-Saint. XXXI. Trieste, Fiume, Venise, M. Dewavrin. XXXII. Venise au moyen âge, C. Terlinden. XXXIII. Les ports du Nord-Est de l'Angleterre, J. Meuwissen. — Conclusions, G. Blondel. — Appendices : L'administration des Ports, J. Charles, S. J.; L'industrie des transports maritimes, H. Mansion. Prix : 3 francs.

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0 75**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in-8° de 29 pages (1908) fr. **0 75**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891) ; la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901). La livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série**.

La revue paraît en livraisons trimestrielles de 352 pages, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la Revue des Questions scientifiques est de **20 francs** par an. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de **25** %; le prix de leur abonnement est donc de **15 francs** par an.

Table analytique des cinquante premiers volumes de la Revue. Un vol. du format de la Revue de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au secrétariat.

Louvain. — Imp. F. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

11es
2-88525

AMNH LIBRARY
100226274